

O tempo geológico moldou, ao longo de centenas de milhões de anos, uma paisagem única, com serras escarpadas e vistas extensas, espinha dorsal do nosso relevo e, durante séculos, rota de aventureiros e naturalistas. No século XVIII, o subsolo da Serra do Espinhaço deu lugar ao Ciclo do Ouro, em seguida ao Ciclo dos Diamantes e, nos tempos atuais, à exploração do minério de ferro.

Além das riquezas minerais, o mundo subterrâneo da Serra do Espinhaço apresenta um rico patrimônio espeleológico, com centenas de cavernas em mármore, em quartzito e em formações ferríferas. Esta notável e frágil paisagem, pouco conhecida até o momento, é abordada nesta obra. Sua enigmática gênese testemunha a existência de rotas pretéritas de fluxo de água. As formações minerais raras e organismos adaptados à perpétua escuridão mostram que as cavernas são dinâmicas e estão vivas. A relação com o homem, primitivo e presente, é exemplificada nos numerosos sítios arqueológicos e nas cavernas que recebem uso público.

As cavernas da Serra do Espinhaço Meridional possuem uma história para contar. Esta obra vem mostrar que a beleza, biodiversidade e valor científico não estão restritos à belíssima paisagem do Espinhaço. O mundo subterrâneo, escuro e misterioso, aqui se revela em todo o seu esplendor.

Geological time has produced, along hundreds of millions of years, a unique landscape, with rugged terrains and extensive vistas, backbone of our country and, during centuries, route for adventures and scientists. During the 18th Century the subsurface of Espinhaço Mountain Range was responsible for the Gold and Diamond Economic Cycles and, in recent times, the exploration of iron ore.

In addition to the mineral wealth, the underground world of Espinhaço Range contains a remarkable speleological heritage, with hundreds of caves in marble, quartzite and iron formations. This outstanding and fragile world, little known up to now, is addressed in this book. Its enigmatic genesis witness ancient routes of water flow. The rare mineral formations and organisms adapted to life in the total darkness show that caves are dynamic features and are still alive. The relationship with both primitive and present man is shown by numerous archaeological sites and caves that receive regular visitation.

The caves of Southern Espinhaço Mountain Range have a story to tell. This book aims to testify that beauty, biodiversity and scientific value are not restricted to the wonderful surface landscape of Espinhaço. The underground realm, dark and mysterious, reveals itself in its entire splendor.

Auler
Alt
Moura
Leão

Augusto Auler • Luciana Alt • Vitor Moura • Marina Leão (orgs.)

Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional

Caves of Southern Espinhaço Mountain Range

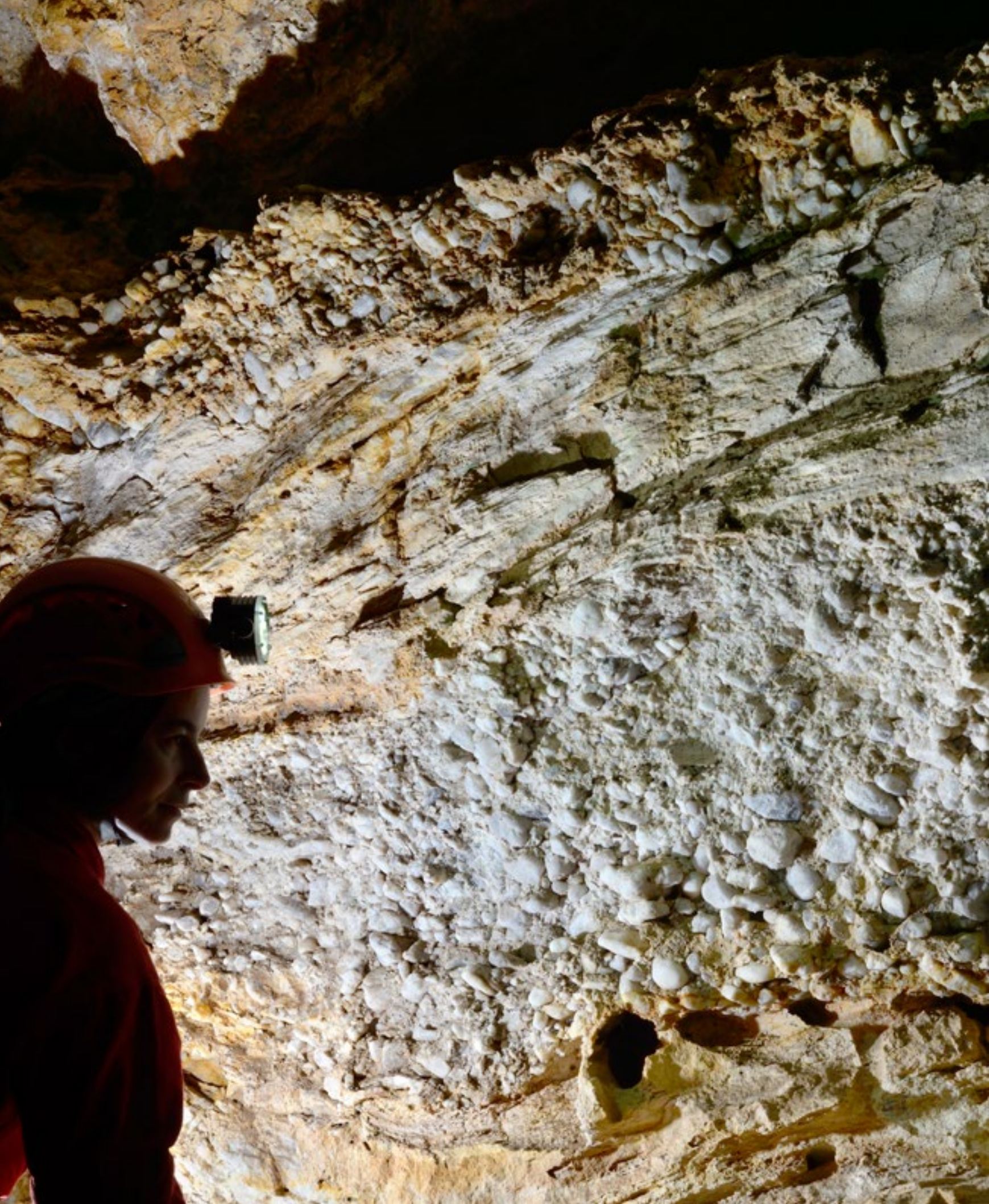
CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL
Caves of Southern Espinhaço Mountain Range





CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

*Caves of Southern
Espinhaço Mountain Range*



CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

Caves of Southern Espinhaço Mountain Range

Augusto Auler

Luciana Alt

Vitor Moura

Marina Leão

Organizadores

Organizers



Realização - Realization

Anglo American Minério de Ferro Brasil

Produção técnica - Technical production

Carste Ciência e Meio Ambiente Ltda

Organizadores - Organizers

Augusto Auler

Luciana Alt

Vitor Moura

Marina Leão

Edição de Fotografia - Photo Editing

Luciana Alt

Vitor Moura

Fernando Estanislau

Fotografia - Photography

Luciana Alt e Vitor Moura LA/VM

Ataliba Coelho AC

Carste Ciência e Meio Ambiente - Bioespeleologia CB

Jeferson Brandão JB

Igor Cizauskas IC

Fernanda Mesquita FM

Rogério Tobias Jr. RTJ

Gisele Kimura GK

José Guadanucci JG

Renata Andrade RA

Vanessa Linke VL

Warlei Oliveira WO

Ilustrações - Illustrations

Vitor Moura VM

Adriano Carvalho ACA

Andrei Isnardis AI

Ângelo Pessoa AP

Ataliba Coelho AC

Fernanda Pizani FP

Vanessa Linke VL

Tratamento de imagens - Image treatment

Fernando Estanislau

Projeto gráfico e diagramação - Graphic project and layout

Luciana Guizan

Nelio Ribeiro

Adaequatio Estúdio de Criação

Diagramação da capa - Cover Design

Fernando Estanislau e Raquel Stransky

Revisão de texto em português - Text revision

Cida Ribeiro

Tradução - Translation

Raquel Braga

Geoprocessamento - Geoprocessing

Fernanda Pizani

Rafael Cruz

FICHA CATALOGRÁFICA

--





APRESENTAÇÃO	8
<i>Foreword</i>	
AGRADECIMENTOS	13
<i>Acknowledgments</i>	
CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL	15
<i>Caves in the Southern Espinhaço Mountain Range</i>	
Augusto Auler	
CAVERNAS EM MÁRMORE	71
<i>Caves in Marble</i>	
Tatiana Souza e Augusto Auler	
CAVERNAS EM QUARTZITO	107
<i>Caves in Quartzite</i>	
Fabiana Fabri e Ataliba Coelho	
CAVERNAS EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS	153
<i>Caves in Iron Formations</i>	
Ataliba Coelho e Marina Leão	
ÁGUAS E CAVERNAS	201
<i>Water and Caves</i>	
Gisele Kimura, Paulo Pessoa e Rinaldo Fernandes	
A VIDA SUBTERRÂNEA	215
<i>Subterranean Life</i>	
Renata Andrade	
ARQUEOLOGIA PRÉ-COLONIAL NOS ALTOS DO ESPINHAÇO	261
<i>Pre-colonial Archaeology on the High Espinhaço Range</i>	
Vanessa Linke e Andrei Isnardis	
PROTEÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO PÚBLICO	281
<i>Protection, Conservation and Public Use</i>	
Vitor Moura e Luciana Alt	
REFERÊNCIAS - References	341
CRÉDITOS - Credits	346

Apresentação

As cavernas, por vezes, ocupam um lugar simbólico e prático em nossas mentalidades. São matéria-prima para quimeras, temores, lendas nos contos infantis e são portadoras do desconhecido mundo subterrâneo. Para a religião, é local de fé e espiritualidade, como vemos nas sagradas manifestações da cultura afro-brasileira ou nas piedosas romarias em honra ao Senhor dos Passos no Santuário de Bom Jesus da Lapa. Para outros, simplesmente um local a ser explorado por esporte ou lazer. De igual maneira, prestam-se ao desenvolvimento científico, revelando uma explosão de vida e de formas típicas do delicado e pouco conhecido meio subterrâneo. Esses locais, tão belos e sensíveis, protegeram vestígios de antigas formas de vida e serviram de abrigo, ao longo de milênios, aos nossos ancestrais. Hoje, além de emoldurar manifestações rupestres magníficas, espeleotemas majestosos e paisagens exuberantes, nos brindam com a simples possibilidade de um revigorante pouso em meio à diversidade de vida que caracteriza o seu entorno.

Este livro é apenas uma contribuição ao desenvolvimento de uma cultura ambiental que reconheça o valor – seja ele cultural, científico, ambiental ou social – de nossas cavernas.

Orgulhosamente, a Anglo American Minério de Ferro Brasil apresenta esta obra de altíssimo nível técnico-científico destinada, prioritariamente, ao conhecimento do vasto patrimônio espeleológico da Serra do Espinhaço.

Do nosso ponto de vista, fazemos jus ao valor ambiental – parte do DNA do grupo Anglo American – calcados em nossa vanguarda ao reunir parte dos maiores especialistas em espeleologia do Brasil e fomentar esse belo registro de nosso patrimônio natural. Ademais, nosso investimento em sustentabilidade socioambiental na região de Conceição do Mato Dentro acabara por contribuir com uma fração dessa obra, na medida em que fazemos parte de um seleto e pioneiro grupo de empresas que vem, há alguns anos, desenvolvendo pesquisas voltadas a uma parcela pouco conhecida do patrimônio espeleológico: as cavernas de ferro. Particularmente, tive a honra de acompanhar o Dr. Augusto Auler em uma de suas primeiras incursões em cavidades ferruginosas, em meados dos anos 2000 na região de Ouro Preto. Como empresa, também fomos pioneiros na significativa expansão do conhecimento espeleológico na região do Médio Espinhaço, a qual é fruto de nossos esforços, estratégias e pesquisas em



Conceição do Mato Dentro e região para implantação de um dos maiores projetos de mineração do Brasil – o Sistema Minas-Rio. Este livro é, com isso, apenas um de nossos vários esforços para valorizar a espeleologia, dentro de nossa rígida e efetiva política de desenvolvimento sustentável. Em paralelo, buscamos demonstrar a compatibilidade entre a implantação de grandes empreendimentos e a valorização ambiental, especificamente no que tange a disciplina espeleologia, desde que haja o encontro das melhores práticas com uma firme mentalidade de sustentabilidade socioambiental.

Ao leitor, estamos certos que se descortinará um panorama auspicioso. A miríade de cavernas do Espinhaço, em diferentes litologias, proporcionou um acervo gráfico de alto nível, marcado pela visão, experiente e treinada, dos autores. Ademais, nota-se um esforço hercúleo para retratar, com palavras corretas e imagens perfeitas, o ambiente cavernícola, suas peculiaridades, manifestações, patrimônios culturais e ambientais que descansam na vastidão do Espinhaço. Todavia, esta obra, ao contrário de resumir essa questão, a expande. É apenas um primeiro passo para a descoberta de uma nova fronteira espeleológica. Aos neófitos na disciplina, permitirá obter as

bases para conhecimento do meio subterrâneo e de suas facetas regionais. Ao espeleólogo, será, com certeza, uma base importante para pesquisas na região da Serra do Espinhaço ou em qualquer abordagem comparativa. Aos demais, será leitura marcada pelo deslumbre das paisagens, pela multiplicidade de formas e impulso dos novos saberes ligados ao meio ambiente e tomados como valor identitário de nossas comunidades. Por isso, essa obra está acima do que comumente se escreve neste e noutros locais. Aqui, arte e ciência se combinam com maestria, dando-lhe a dimensão de obra-prima.

Oxalá que tudo isso fomenta, nas mentes e corações de alguns leitores, o desejo por agregar-se ao diminuto – porém altamente efetivo – grupo de espeleólogos brasileiros. Esperamos ver essas cavernas internalizadas, como valor, no cotidiano de cada vez mais pessoas. Que se percorram trilhas, se subam afloramentos, que se ascendam carbureteiras e que se preparem cordas e travas-queda. Quanto mais conhecermos nossas cavernas, mais preservaremos nosso meio ambiente. Enfim, enquanto houver espeleologia, haverá esperança!

Gilcimar Pires Cabral Oliveira

Gerente de Meio Ambiente - Anglo American



Foreword

Caves sometimes occupy a symbolical and practical place in our minds. They are raw material for chimeras, fears, tales in children's stories and they are carriers of the unknown underground world. For religion, it is a place of faith and spirituality, as we see in the sacred demonstrations of the African Brazilian culture or in the pious pilgrimages in honor of Lord of Passos at Bom Jesus da Lapa Sanctuary. For others, it is simply a place to be explored as a sport or on leisure. Likewise, they are used in scientific development, revealing an explosion of life and of typical forms of the delicate and little known underground environment. Those beautiful and sensitive places protected evidences of ancient life forms and were used as shelters, along millenniums, by our ancestors. Nowadays, in addition to framing magnificent rock forms, stately speleothems and exuberant landscapes offer us the simple possibility of an invigorating stay among the life diversity that features their surroundings.

This book is a contribution to the development of an environmental culture that recognizes the value – may it be cultural, scientific, environmental or social – of our caves.

Anglo American Iron Ore Brazil proudly presents this work of very high technical and scientific level that mainly aims at getting to know the vast speleological heritage of Espinhaço Ridge.

From our point of view, we live up to the environmental value – part of Anglo American group's DNA – based on our vanguard when gathering some of the best specialists in speleology in Brazil and fostering this beautiful record of our natural heritage. Furthermore, our investment in socio-environmental sustainability in the area of Conceição do Mato Dentro ended up contributing part of this work as we belong to a selected and pioneer group of companies that have been, for some years, developing researches turned to a little known portion of the speleological heritage: iron caves. I particularly had the honor to join Dr. Augusto Auler in one of his first visits to iron caves in the early 2000's in the area of Ouro Preto. As a company, we have also been pioneers in the significant expansion of the speleological knowledge in the area of Southern Espinhaço, which is the result of our efforts, strategies and researches in Conceição do Mato Dentro and surrounding areas in order to implement



one of the largest mining projects in Brazil – the Minas-Rio System. Thus, this book is just one of our several efforts to value speleology within our strict and effective sustainable development policy. In parallel, we try to demonstrate the compatibility between the implementation of large projects and environmental valorization, specifically in what regards the discipline of speleology, since best practices meet a firm mentality of socio-environmental sustainability.

To the reader, we are sure that a favorable picture is going to emerge. The myriad of caves in different rock types in Espinhaço provided for a high level graphic collection that is marked by the experienced and trained view of the authors. Additionally, we notice a herculean effort to picture, with correct words and perfect images, the cave environment, its peculiarities, demonstrations, cultural and environmental heritages that rest in the vastness of Espinhaço. However, this work, instead of summarizing this issue, expands it. It is just a first step for the discovery of a new speleological frontier. For the neophytes in the discipline, it is getting the bases to know the underground environment and its regional faces. For the speleologist, it is certainly going to be an important

basis for researches in the area of Espinhaço ridge or for any comparative approach. For the others, it is a reading marked by gorgeous landscapes, by the multiplicity of forms and impulse of the new knowledge connected to the environment and taken as an identity value of our communities. Because of that, this book is above what is usually written here and in other places. Here, art and science mix in a masterly way to give it an aspect of masterpiece.

Hopefully, this is going to increase, in the minds and hearts of some readers, the desire to join the tiny – but highly effective – group of Brazilian speleologists. We hope to see these caves internalized as a value into the routine of more and more people. May tracks be traveled, outcrops be climbed, carbide lamps be lighted, ropes and harnesses be prepared. The more we get to know our caves, the more we are going to preserve our environment. Finally, while there is speleology, there is going to be hope!

Gilcimar Pires Cabral Oliveira

Environmental manager - Anglo American





Agradecimentos

A produção de um livro deste tipo não é um processo linear. Ao contrário, envolve fases de reflexão e alguns recomeços, sendo continuamente avaliado e reconstruído. Neste processo, necessariamente longo, vários foram os percalços, muitos em função do alto patamar técnico e pioneirismo a que se propunha o projeto.

O apoio recebido por parte da Anglo American, através de Gilcimar Oliveira, Gerente de Meio Ambiente, Tiago Alves, Especialista em Meio Ambiente, e Faustino Souza, Analista de Meio Ambiente, foi imprescindível. Apoio não apenas institucional, mas também técnico científico, repleto de entusiasmo. Sem este constante suporte este livro não seria o que é hoje.

Gostaríamos também de agradecer à Manabi, por permitir o uso de mapas de cavernas e fotografias resultantes de estudos em suas áreas. Esta colaboração foi essencial para que o livro incluísse importantes cavidades. Nosso muito obrigado a diretoria da Manabi e em especial à equipe constituída por Udo Gebrath, Elaine Alves, Cristiana Souza e Thaís Oliveira.

A espeleologia é uma atividade essencialmente coletiva. A realização de fotografias e mapas de cavernas envolveu várias pessoas e instituições. Agradecemos a permissão dos autores para a utilização de mapas de cavernas, que foram produzidos com a colaboração do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto do Carste e do Meandros Espeleogrupo. Agradecemos também aos colaboradores que permitiram a utilização de fotografias e ilustrações.

À Fernando Estanislau, cuja dedicação foi muito além do tratamento de imagens e colaboração na edição de fotografia, contribuindo com importantes decisões no processo de diagramação e também com a revisão de textos.

Este livro faz parte de uma medida compensatória proposta pelo Ministério Público de Minas Gerais. Este órgão tem dado particular atenção à proteção das cavernas em nosso estado, resultando em um perceptível, embora sempre desafiante, avanço na compreensão do valor e importância deste patrimônio junto ao setor mineral.

Acknowledgments

The making of such a book does not follow a linear path. On the contrary, it involves moments of thought and some re-beginnings, being continuously subject to evaluation and reconstruction. During such necessarily long process, there were several challenges to be overcome, some due to the high technical level and pioneering aspects of the project.

The support, technical, scientific and institutional, received from Anglo American, through Gilcimar Oliveira, Environmental Manager, Tiago Alves, Environmental Specialist and Faustino Souza, Environmental Analyst, was invaluable. Without this constant help this book could not have been finished.

We would like also to thank Manabi, for allowing the use of cave maps and photographs that were produced in their areas. This collaboration was essential for allowing the book to include very important caves. Our thanks to Udo Gebrath, Elaine Alves, Cristiana Souza and Thaís Oliveira.

Speleology is a collective pursuit. The making of photographs and cave maps involved several people and institutions. We acknowledge permission from chapter author's for using cave maps which were produced with the collaboration of Instituto de Geociências of Federal University of Minas Gerais, Instituto do Carste and Meandros Espeleogrupo. We also acknowledge the collaborators that allowed the use of photographs and illustrations.

We acknowledge Fernando Estanislau, whose dedication went well beyond image processing and photo editing, helping with important decisions regarding layout and text editing.

This book was produced as part of an environmental compensation proposed by the Public Prosecutor of the state of Minas Gerais. This institution has shown considerable concern in the protection of caves in Minas Gerais. This has resulted in a noticeable, albeit challenging, gain towards the recognition of the importance of caves among the mining sector.

CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

*Caves in the Southern Espinhaço
Mountain Range*

Augusto Auler



Introdução

A Serra do Espinhaço é uma região especial do ponto de vista paisagístico. Sua beleza e importância científica e cultural fizeram-na ser reconhecida como Reserva da Biosfera da UNESCO. A riqueza da paisagem e do subsolo motivaram os eventos iniciais de povoamento e, em tempos atuais, atraem grande número de turistas, em busca de seus ásperos e belos afloramentos rochosos, quedas d'água, piscinas naturais, campos a perder de vista, ar puro e muita tranquilidade.

O subsolo da Serra do Espinhaço apresenta não só riquezas minerais, como os diamantes responsáveis pela prosperidade da região no século XVIII, mas também numerosas cavernas. Essas cavernas, onde a escuridão e o silêncio imperam, apresentam uma importância científica e cultural notável, haja vista a existência de formas minerais raras, fauna especialmente adaptada, além de numerosos indícios de ocupação pelo homem. Muito mais do que buracos escuros e sem vida, as cavernas se apresentam como verdadeiros museus naturais. A salvo das intempéries, sem a ação da chuva ou sem estar sujeita a variações de temperatura, que poderiam afetar a integridade de suas feições, no ambiente cavernícola tende a haver uma preservação muito mais eficiente do que no exterior, garantindo para a posteridade a conservação de feições, formas e vestígios que, de outra maneira, teriam sido destruídos pela ação do tempo. A variedade geológica da Serra do Espinhaço se reflete também em uma diversidade única de cavernas, em vários tipos de rocha. A Serra do Espinhaço encerra muito mais do que riquezas minerais, mas também apresenta um inquestionável valor cultural e científico relacionado a suas inúmeras cavernas.

Introduction

Espinhaço (Backbone) Mountain Range is a special area in terms of its landscape. Due to its beauty and scientific and cultural importance, UNESCO has recognized it as a Biosphere Reserve. The rich scenery and mineral deposits motivated the first settlements and, currently, the area attracts a large number of tourists enjoying its rough and beautiful rocky outcrops, waterfalls and natural swimming pools, extensive fields, fresh air and peaceful tranquility.

The Espinhaço Range subsoil features not only mineral wealth, such as the diamonds that were responsible for making this area prosperous in the 18th century, but also several caves. These caves, ruled by darkness and silence, have notable scientific and cultural importance due to rare mineral deposits and especially adapted cave fauna in addition to several pieces of evidence of human occupation. Much more than just a dark and lifeless hole, the caves are natural museums. Protected from the surface weather conditions and from the rain and temperature variations that could affect the integrity of its characteristics, the cave environment tends to more efficiently preserve features that would otherwise be destroyed by the effects of time. The geological variety of the Espinhaço area is also reflected in a unique diversity of caves in different types of rock. Espinhaço Range encloses not only mineral wealth but also holds an unquestionable cultural and scientific value related to its countless caves.



Serras em quartzito no Parque Nacional da Serra do Cipó, Santana do Riacho. LA/VM

Quartzite ridges in the Serra do Cipó National Park, Santana do Riacho.

CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE



Afloramento em mármore, na Área de Proteção Ambiental - APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM
Marble outcrop in the Environmental Protection Area (APA) Morro da Pedreira, Santana do Riacho.



CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE



Panorama da Serra do Espinhaço na região de Conceição do Mato Dentro. LA/VM

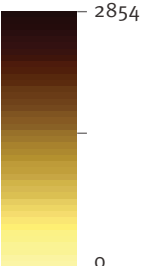
View of Espinhaço Range in the Conceição do Mato Dentro area.

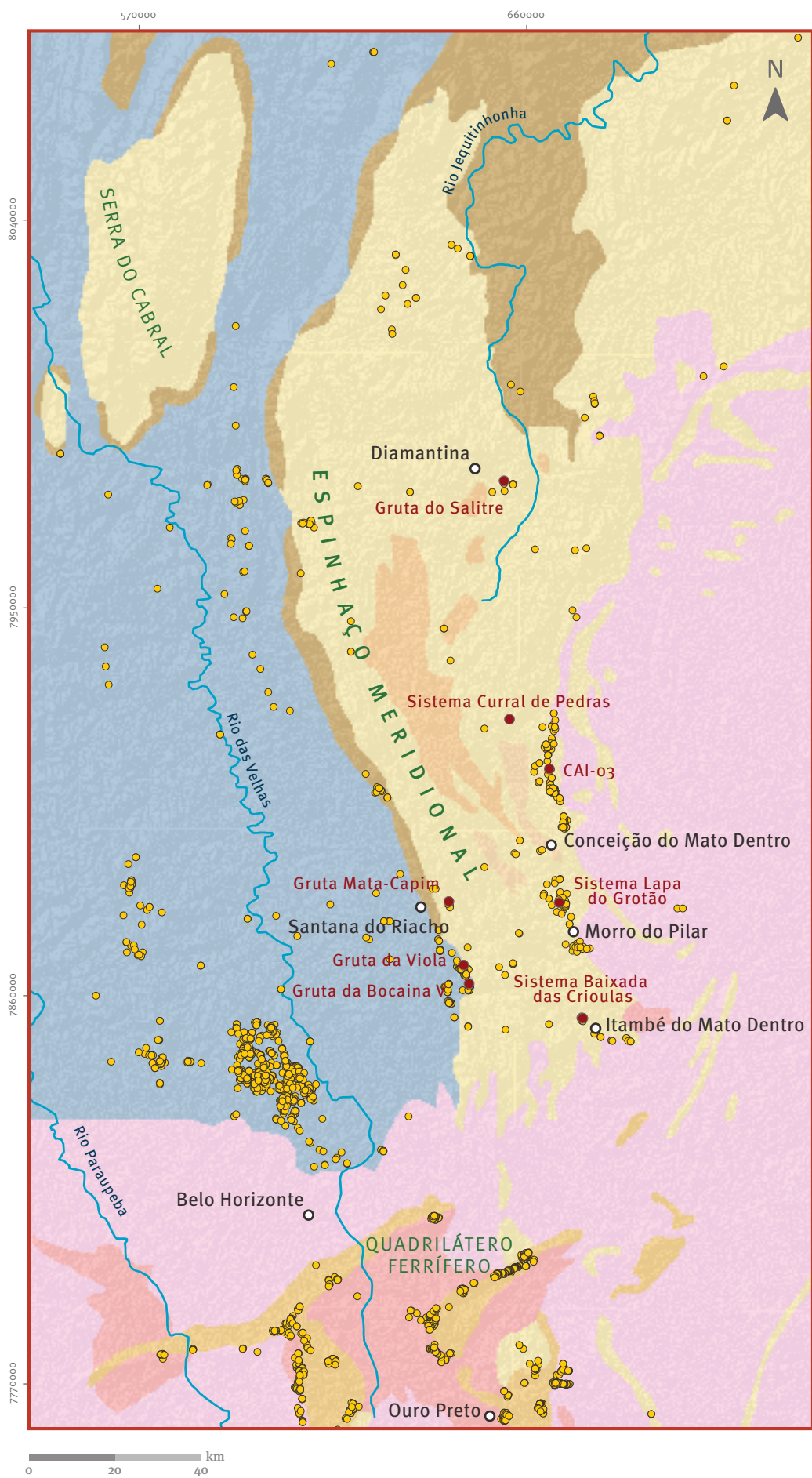
LOCALIZAÇÃO DA SERRA
DO ESPINHAÇO

LOCATION OF ESPINHAÇO
MOUNTAIN RANGE

-  Cavernas
Caves
-  Cidades
Cities
-  Principais rios
Main rivers
-  Represas
Dams
-  Limite da Serra
do Espinhaço
Espinhaço Range
(Conservação Internacional, 2008)

ALTIMETRIA (m)
ELEVATION





CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA
DA SERRA DO ESPINHAÇO

GEOLOGICAL CONTEXT OF
ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE

- Cavernas em destaque
Main caves
- Cavernas
Caves
- Cidades em destaque
Main cities
- Principais rios
Main rivers
- NEOPROTEROZÓICO
NEOPROTEROZOIC
 - Grupo Bambuí
- MESOPROTEROZÓICO
MESOPROTEROZOIC
 - Grupo Macaúbas
 - Supergrupo Espinhaço e equivalentes
- PALEOPROTEROZÓICO
PALEOPROTEROZOIC
 - Supergrupo Minas
- ARQUEANO
ARCHEAN
 - Supergrupo Rio Paraúna e Rio das Velhas
 - Complexo Basal

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45° WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SAD'69

Rochas e cavernas

As cavernas podem ser definidas como espaços vazios na massa rochosa. São conhecidas por diversos nomes, sendo os mais comuns gruta, lapa, loca, toca, entre outros. Quando são predominantemente verticais podem ser chamadas de abismo ou poço. Cada região as conhece de uma forma. Trata-se de termos criados pelo homem do campo, e que são adotados de forma livre pela nossa sociedade. No âmbito da legislação, adota-se uma convenção internacional em que predomina o ponto de vista antropocêntrico, em que a caverna é definida a partir da sua acessibilidade ao homem. Apesar de algumas polêmicas, tem-se adotado como caverna qualquer orifício com ao menos 5 m de extensão (em alguns casos, adota-se 2 m – o que a aproxima da definição legal, pois se trata da dimensão aproximada “máxima” de um ser humano). A maior parte das cavernas é pequena, mas algumas podem superar vários quilômetros de extensão. Algumas grutas, embora apresentem dimensões reduzidas, possuem notável importância. Já o espaço interno de uma caverna pode variar bastante, desde condutos estreitos que exigem rastejamento até grandes salões, galerias secas ou contendo rios e lagos subterrâneos. Esta grande diversidade, oculta e misteriosa, está sendo pouco a pouco revelada por exploradores de cavernas (espeleólogos), através de estudos científicos, atividades de grupos espeleológicos amadores e estudos ambientais ligados a processos de licenciamento.

Rocks and caves

Caves may be defined as voids in the rock mass. In Brazil, they receive many regional names such as gruta, caverna, lapa, gruna among many others. When they are predominantly vertical, they may be called abismo or poço. In each region, they are known differently. These are terms created by countrymen and are freely used by our society. Brazilian legislation has adopted an international convention based on the anthropocentric standpoint. Pursuant to it, the cave is defined according to its accessibility to men. Despite some controversy, a cave is defined as any underground opening with an extension of at least 5 m (in some cases, 2 m is used – which puts it closer to the legal definition because it is the approximate “maximum” dimension of a human being). Most of the caves are small, although some may extend several kilometers or more. Some caves are remarkably important, although they have reduced dimensions. The internal space of a cave can vary widely, from narrow passages that require crawling, to large rooms, dry galleries or spaces containing underground rivers and lakes. That wide diversity, hidden and mysterious, is being revealed little by little by cave explorers (speleologists) through scientific studies, amateur speleological group activities and environmental studies connected to environmental licensing processes.



Camadas de depósitos arenosos na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM
Sedimentary layers of sand at Monte Cristo cave, a quartzite cave in Diamantina.



Gruta Curral de Pedras, em quartzito,
Conceição do Mato Dentro. LA/VM

*Curral de Pedras cave, in quartzite,
Conceição do Mato Dentro.*



Conduto seguindo fratura inclinada, Gruta Capela Velha, em quartzito, Presidente Kubitschek. LA/VM

Passage developed according to an inclined joint, Capela Velha cave, in quartzite, Presidente Kubitschek.



Gruta Curral de Pedras,
Conceição do Mato Dentro.
LA/VM

*Curral de Pedras cave,
Conceição do Mato Dentro.*



Espeleotemas na Gruta
Mata-Capim, em mármore,
Santana do Riacho. LA/VM

*Speleothems in Mata-Capim
cave, in marble, Santana do
Riacho.*



Domo próximo à entrada do Sistema Lapa do Grotão, onde é visível o contato entre as duas litologias: itabirite (mais escuro) e quartzito (mais claro, cor creme). Morro do Pilar. LA/VM

Collapse dome near the entrance of Lapa do Grotão. It is possible to see the contact between the basal itabirite (dark color) and the topmost quartzite (light color). Morro do Pilar.



Gruta Baixada das Crioulas I, em quartzito, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Baixada das Crioulas cave, in quartzite, Itambé do Mato Dentro.

Caverna CAI-03, em formações ferríferas, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

CAI-03 cave, in iron rich rocks, Conceição do Mato Dentro.





Espeleotemas na Gruta da
Viola, em mármore,
Santana do Riacho. LA/VM

*Speleothems in Viola cave, in
marble, Santana do Riacho.*

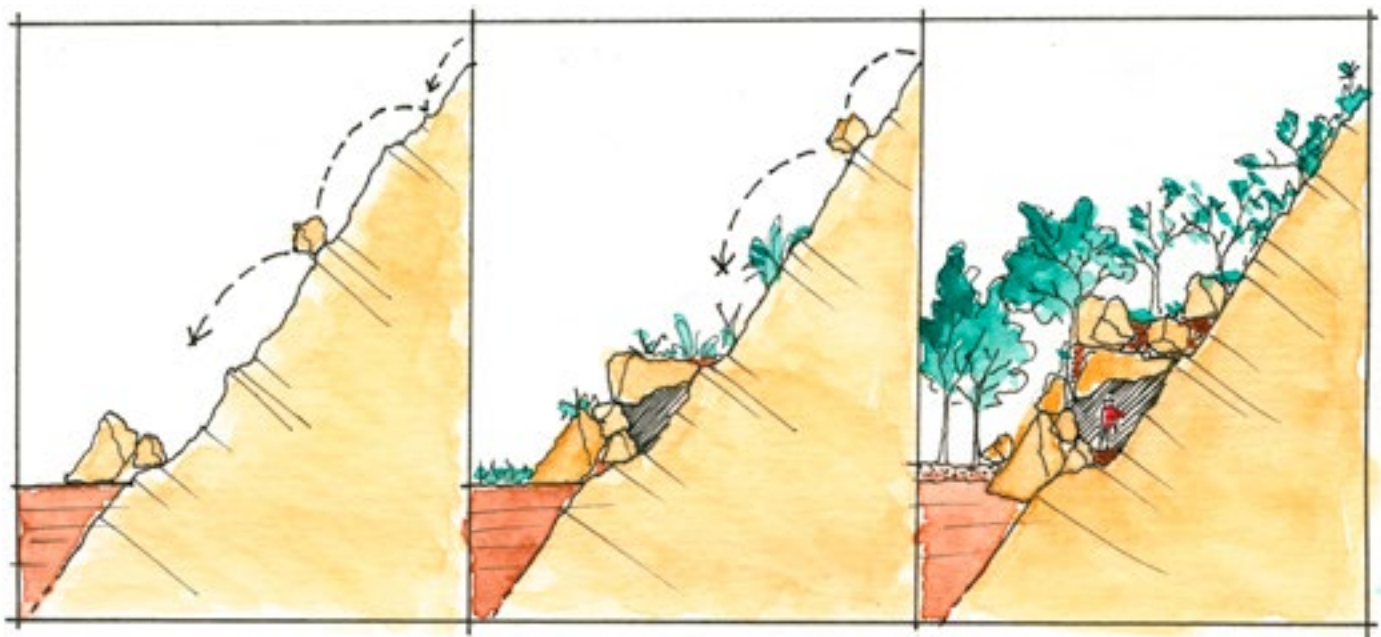
A caverna compreende um ambiente no qual a rocha foi removida por processos químicos ou físicos. Por processos químicos entendem-se reações entre a água e a rocha (muitas vezes envolvendo microrganismos) que fazem com que os componentes da rocha sejam dissolvidos na água e carregados junto com ela. Já processos físicos (ou mecânicos) envolvem a remoção da rocha por erosão, ou impacto, em que a força da água é capaz de remover grãos da rocha e daí criar os vazios. Muitas vezes os dois processos, químico e físico, ocorrem conjuntamente.

Um tipo de processo que não se encaixa perfeitamente em nenhuma das duas situações é o caso de cavernas em acumulações de blocos caídos, conhecidos como depósitos de tálus. Este depósito é comum em encostas rochosas, e algumas pequenas cavernas da Serra do Espinhaço são formadas dessa forma. Os desmoronamentos rochosos geram blocos de diferentes tamanhos que, ao se acumularem na base da montanha, não se encaixam perfeitamente. Quanto maior o bloco, menor a chance de um encaixe. Dessa forma, criam-se espaços vazios entre os blocos, ou seja, cavernas. São cavernas muito irregulares que podem ocorrer em qualquer tipo de rocha.

A cave is an environment from which the rock has been removed through chemical or physical processes. Chemical processes are reactions between water and the rock (often involving microorganisms) that dissolve rock components in the water, which then carries the rock away. Physical (or mechanical) processes involve rock removal through erosion or through impact, in which water power removes rock grains and creates voids. Both processes, chemical and physical, often take place jointly.

One type of process that fails to precisely match either situation is the case of caves on fallen block accumulations that are known as talus deposits. These deposits are common on rock slopes and some small caves in the Espinhaço Range are formed this way. Rock collapses generate blocks of different sizes that fail to fit perfectly when they accumulate on the base of the mountain. The larger the block is, the lower the chances it will fit. Thus, void spaces are created between the blocks, that is, caves. These caves are very irregular and may occur in any type of rock.

COMO SE FORMAM CAVERNAS EM TÁLUS — HOW TALUS CAVES ARE FORMED



As figuras mostram o acúmulo progressivo de blocos no sopé da vertente, dando origem ao espaço vazio da caverna em tálus. VM

The progressive accumulation of fallen blocks at the base of a slope creates voids, resulting in talus caves.



Sumidouro das Areias, uma caverna em tálus, rocha quartzítica, Diamantina. LA/VM

Areias swallet, a talus cave in quartzite rocks, Diamantina.

Cada rocha possui um potencial distinto para formar cavernas. Algumas delas, como os calcários ou mármore, reagem facilmente com a água ácida e, por isso, apresentam maior facilidade para conter cavernas. Já em outras rochas, como o quartzito, rocha mais frequente na Serra do Espinhaço, apesar de poder ser dissolvida quimicamente, o processo mais atuante é a erosão, removendo os grãos de quartzo que compõe a rocha. A rocha ferrífera, que também contém cavernas, é alvo de um processo ainda mais lento, envolvendo não só reações químicas, mas também ação de bactérias que auxiliam a remover o ferro.

Mas a formação de cavernas não depende apenas do tipo de rocha. É necessário que haja algumas condições básicas em termos de clima, relevo e hidrologia. A água é agente básico e, portanto, áreas com maior volume de chuva tendem a apresentar maior potencial para grandes cavernas. Relevos que apresentem vales com rios que terminam em cavernas (sumidouros), vales de onde saem drenagens (nascentes), depressões afuniladas (ou cilíndricas) conhecidas como dolinas, representam também indicativos de existência de cavernas. Ao relevo que contém estas feições denomina-se carste, em alusão a área conhecida como *Kras*, majoritariamente desenvolvida na Eslovênia e Croácia, primeiro local onde estudos de cavernas e feições associadas foram desenvolvidos.

O relevo cárstico

As cavernas em geral não se encontram isoladas na paisagem. Fazem parte de um contexto evolutivo que abrange outras formas cársticas. Toda e qualquer rocha possui certo grau de porosidade, ou seja, espaços vazios. Esses vazios subterrâneos podem estar ou não conectados entre si, e podem variar desde espaços microscópicos ou milimétricos, nesse caso acessíveis a microrganismos ou pequenos animais, até a escala humana, quando passam a ser denominados cavernas. Dessa forma, a caverna representa nada mais do que a escala macrodimensional de uma ampla rede de espaços vazios no interior da rocha. Por esses espaços há possibilidade de fluxo de água (com progressivo alargamento e conexão dos poros), entrada de sedimentos e nutrientes e colonização pela fauna subterrânea. O resultado de todas essas inter-relações é um ambiente muitas

Each rock has a different potential to form caves. Some of them, such as limestone or marble, easily react with acidic water and, therefore, are more favorable for containing caves. For other rocks such as quartzite, which is more frequent on Espinhaço Range, the most active process is erosion. Erosion removes the quartz grains that form the rock, although there is an initial chemical reaction. Iron-rich rocks, which also contains caves, is subject to an even slower process that involves not only chemical reactions but also the action of bacteria that help remove the iron.

However, the formation of caves does not depend solely on the type of rock. Some basic conditions are required in terms of weather, terrain and hydrology. Water is a basic agent and, thus, areas with higher volumes of rainfall tend to have a higher potential for large caves. Terrains that have valleys with rivers that end in caves (swallets), where drainage arises (springs), and with funneled (or cylindrical) depressions known as dolines are also indicative of the existence of caves. A terrain with that landscape is called karst, in an allusion to the area known as Kras and mostly developed in Slovenia and Croatia, the first place where studies on caves and their correspondent landforms were developed.

Karstic terrain

Caves are not usually isolated in the landscape. They are part of an evolutive context that encompasses other karstic forms. Any and every rock has a certain degree of porosity, that is, void spaces. These underground spaces may or may not be connected among themselves, and they may vary from microscopic or millimetric spaces accessible to microorganisms, to spaces sized for small animals, to human scale, at which point they are called caves. Thus, a cave is nothing but the macro dimensional scale of a wide network of void spaces inside the rock. It is possible to have water flows (with progressive pore enlargement and connection), sediment and nutrient input and colonization by underground fauna through these spaces. The result of all these interrelations is an often vast environment – although very poorly known – that encompasses different habitats that

vezes vasto – embora pouquíssimo conhecido – que abrange habitats diversos que interagem entre si. O ambiente cárstico abrange muito mais do que as cavernas, compreendendo todo o volume do corpo rochoso no qual se insere.

Os mesmos processos que geram cavernas podem também produzir muitas outras formas de relevo. Entre essas, os lapíãs (ou *karren* na terminologia alemã) estão entre os mais frequentes. São particularmente bem desenvolvidos sobre rochas carbonáticas e conferem aos afloramentos um aspecto afilado, pontiagudo, de grande beleza. As formas de lapíãs são diversas e alguns podem, inclusive, ser formados sob o solo. Entre os mais comuns estão sulcos ou caneluras (pequenos canais), separados por cristas afiadas, formados por águas de chuva e conhecidos cientificamente como *Rillenkarren*. Nos mármore do Morro da Pedreira em Santana do Riacho, apresentam-se bem desenvolvidos. Essas pequenas canaletas paralelas drenam a água de chuva ácida (devido à reação com o gás carbônico – CO_2 atmosférico). Outro tipo encontrado com frequência são as *kamenitzas*, pequenas bacias com fundo plano e bordo curvo, que ocorrem tanto em carbonatos quanto em quartzito.

interact among themselves. The karstic environment includes not only the caves but also the entire volume of the rock body in which it is inserted.

The same processes that generate caves may also produce many other landforms. Among them, the lapiaz (or karren in the German terminology) is one of the most frequent. It is particularly well developed in carbonate rocks, and it provides the outcrops with a very beautiful, thin and sharp aspect. There are several forms of lapiaz, and some may even develop under the soil. Among the most common are grooves or fluting (small channels) separated by sharp crests and formed by rainwater. They are scientifically known as Rillenkarren. They are well developed on the marbles of Pedreira Hill in Santana do Riacho. Those small parallel troughs drain acidic (due to the reaction with carbon dioxide – atmospheric CO_2) rainwater. Another type that is frequently found is kamenitza, small basins with a flat bottom and curved edges that appear in both carbonates and quartzites.



Afloramento quartzítico, com exemplares de karren, no entorno da Gruta do Salitre, Diamantina. JB

Quartzite outcrop with karren in the surroundings of Salitre cave, Diamantina.



Maciços em mármore,
apresentando karren,
Santana do Riacho. LA/VM

*Marble cliffs, with karren,
Santana do Riacho.*

Cânion no maciço
quartzítico da Gruta do
Salitre, Diamantina. LA/VM

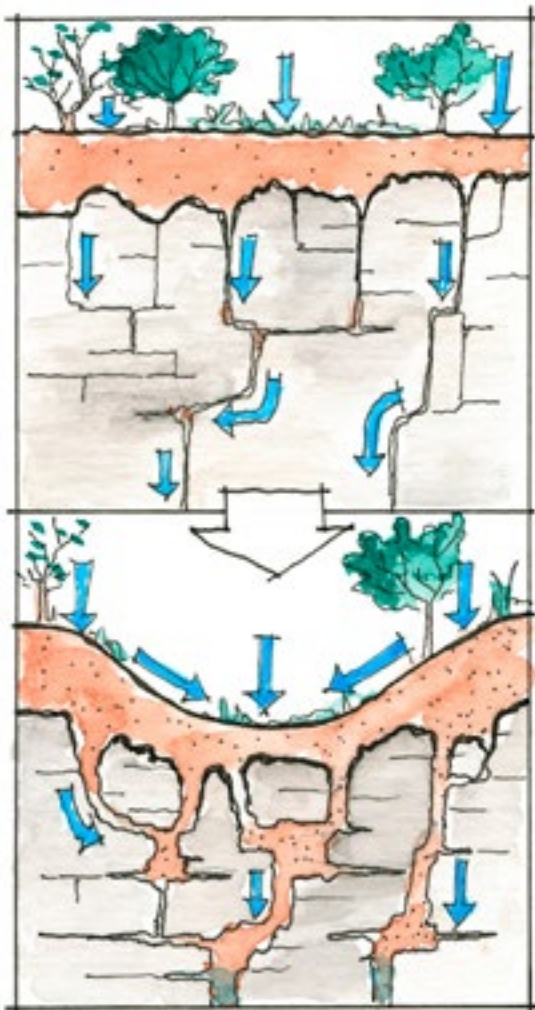
*Canyon in the quartzite
outcrop associated with
Salitre cave, Diamantina.*



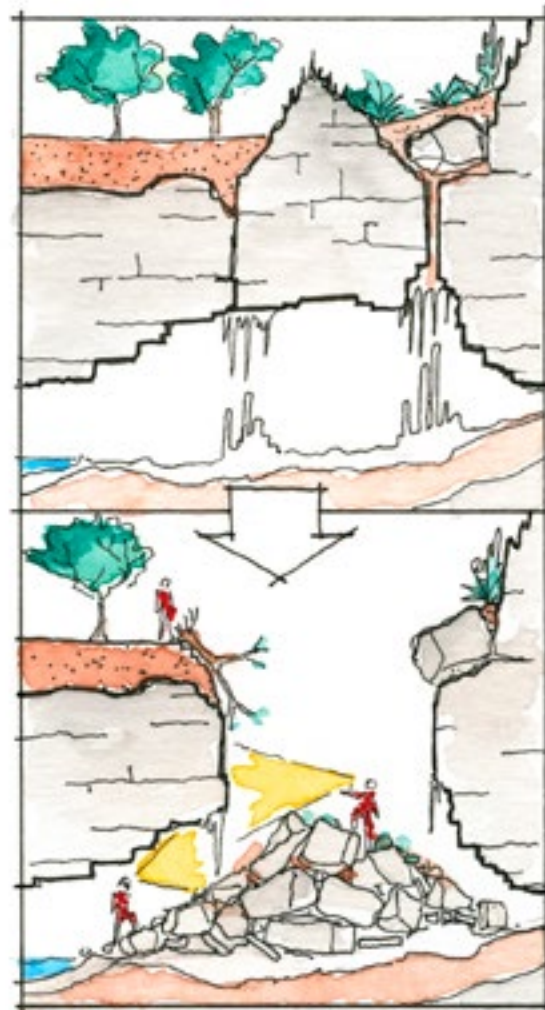
O ataque químico às rochas calcárias e mesmo às quart-
zíticas pode fazer com que surjam depressões no terreno, co-
nhecidas como dolinas. Essas depressões, ora cônicas, ora
cilíndricas, captam a água de chuva e a transportam, atra-
vés de fraturas e fendas, para o ambiente subterrâneo. Não
só a água, mas o solo pode também ser transportado verti-
calmente. As dolinas podem também surgir devido ao abati-
mento de cavernas. Cavernas podem apresentar fragilidades
no teto, que tendem a causar colapso e eventualmente criar
uma abertura para o exterior, conhecida como claraboia. As
dolinas de colapso nada mais são do que claraboias evo-
luídas e, muitas vezes, como no trecho que separa a Lapa
do Grotão em Morro do Pilar, podem possuir vários metros
de profundidade e paredes verticais. Dolinas de dissolução
são mais comuns do que dolinas de colapso em carbonatos,
ao passo que o inverso tende a ocorrer em minério de ferro.

*The chemical attack against limestone rocks and even
quartzitic ones may favor the appearance of depressions in the
soil that are known as dolines. Such depressions may be conical
or cylindrical. They collect rainwater and transport it through
fractures and cracks to the underground environment. Not only
water but also soil can be transported vertically. Dolines may
also appear due to cave collapse. Caves may feature fragilities
on the ceiling that result in collapse and eventually create an
opening to the surface known as a skylight. Collapsed dolines
are nothing but evolved skylights, and they may often be several
meters deep and have vertical walls, such as at the one that
separates Grotão cave in Morro do Pilar. Dissolution dolines
are more common in carbonates than collapse dolines, while
the reverse tends to be true for iron-rich rocks.*

FORMAÇÃO DE UMA DOLINA — DISSOLUÇÃO
GENESIS OF A DOLINE — DISSOLUTION



FORMAÇÃO DE UMA DOLINA — ABATIMENTO
GENESIS OF A DOLINE — COLLAPSE



VM



Dolina entre as cavernas CAV-0001B e CAV-0001A, em formação ferrífera, no Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM
Doline that separates CAV-0001B and CAV-0001A, in iron formation, in Grotão cave system, Morro do Pilar.



Dolina no maciço
quartzítico da Gruta do
Salitre, Diamantina. JB

*Doline in the quartzite
outcrop that hosts Salitre
cave, Diamantina.*

Os sumidouros e nascentes constituem feições muito comuns em regiões cársticas, que tendem a se caracterizar por apresentar drenagens (rios) subterrâneas. O fluxo da água subterrânea em regiões cársticas é complexo. A água subterrânea flui por três tipos de vazios: porosidade original da rocha, fraturas e condutos. Os poros representam os vazios criados devido ao encaixe imperfeito dos grãos (como no caso de grãos de areia em quartzitos). As fraturas são rachaduras ou fendas, geradas por choques mecânicos de origem tectônica, processos que quebram a rocha, ou alívio de pressão. Na mesma categoria das fraturas pode-se também incluir os planos de acamamento, que representam interrupções e alterações no tipo de material depositado quando da formação da rocha (como no caso de argila em meio a calcários), resultando em zonas que demarcam uma descontinuidade no pacote rochoso. Já o terceiro tipo de elemento que comporta fluxo de água, os condutos, representa a conexão e alargamento das feições anteriores, desde tubos milimétricos até cavernas. Para cada um desses elementos há um tipo de fluxo de água, desde muito lento e organizado (laminar) na porosidade primária e nas fraturas, até muito rápido e turbulento, nos condutos.

Sumidouros ocorrem quando um rio desaparece na rocha, muitas vezes através de cavernas, embora haja muitos sumidouros impenetráveis. Quando o sumidouro se dá ao final de um vale bem marcado, é denominado de “Vale Cego”, já que é interrompido subitamente pelo maciço rochoso. Um excelente exemplo é o sumidouro da Lapa do Grotão. O rio, após seu percurso subterrâneo, reaparece em uma nascente. As nascentes ou ressurgências, penetráveis ou não, podem representar pontos de descarga da água de chuva que caiu em toda a bacia de captação, sem necessariamente apresentar associação com sumidouros. Muitas cavernas, hoje secas, foram no passado trajeto de rios subterrâneos. Regiões cársticas abrigam também belos cânions. Estes podem, muitas vezes, se originar a partir do colapso do teto de cavernas, representando a evolução de uma claraboia.

Swallets and springs are very common landforms in karstic areas because they tend to contain underground drainages (rivers). The flow of groundwater in karstic areas is complex. Groundwater flows through three types of voids: the original porosity of the rock, fractures and conduits. The pores represent voids that are created due to imperfect grain fitting (such as sand grains in quartzite). Fractures are cracks or openings generated by mechanical shocks from a tectonic origin, processes that break the rock, or pressure relief. Bedding planes may also be included in the same category of fractures. These represent interruptions and changes to the type of material deposited when the rock was formed (such as clay among limestone), resulting in zones that mark a discontinuity in the rock package. The third type of element that allows for water flow, the conduit, represents the connection and enlargement of the previous features, from pipes measuring millimeters to caves. For each one of these elements, there is a type of water flow, from very slow and organized (laminar) through the primary porosity and fractures to very fast and turbulent through conduits.

Swallets take place when a river disappears in the rocks, often through caves, although there are many impenetrable swallets. When there is a swallet at the end of a well-marked valley, it is called a “Blind Valley” because it is suddenly interrupted by the rock mass. An excellent example is Grotão Cave’s swallet. That river reappears in a spring after its underground course. Springs, penetrable or not, can represent discharge points for the rainwater of the entire intake basin without necessarily having an association with swallets. Many of the caves that are now dry represented the course of underground rivers in the past. Karstic areas also shelter beautiful canyons, which often originate from the collapse of cave ceilings, similar to the evolution of a skylight.



▲
Sumidouro do Ribeirão das Lajes, próximo à entrada do Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM
Swallet of Laje creek, near the entrance of Grotão cave system, Morro do Pilar.

Sumidouro na caverna CAV-0001A, Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM ►
Swallet of Laje creek, near the entrance of Grotão cave system, Morro do Pilar.

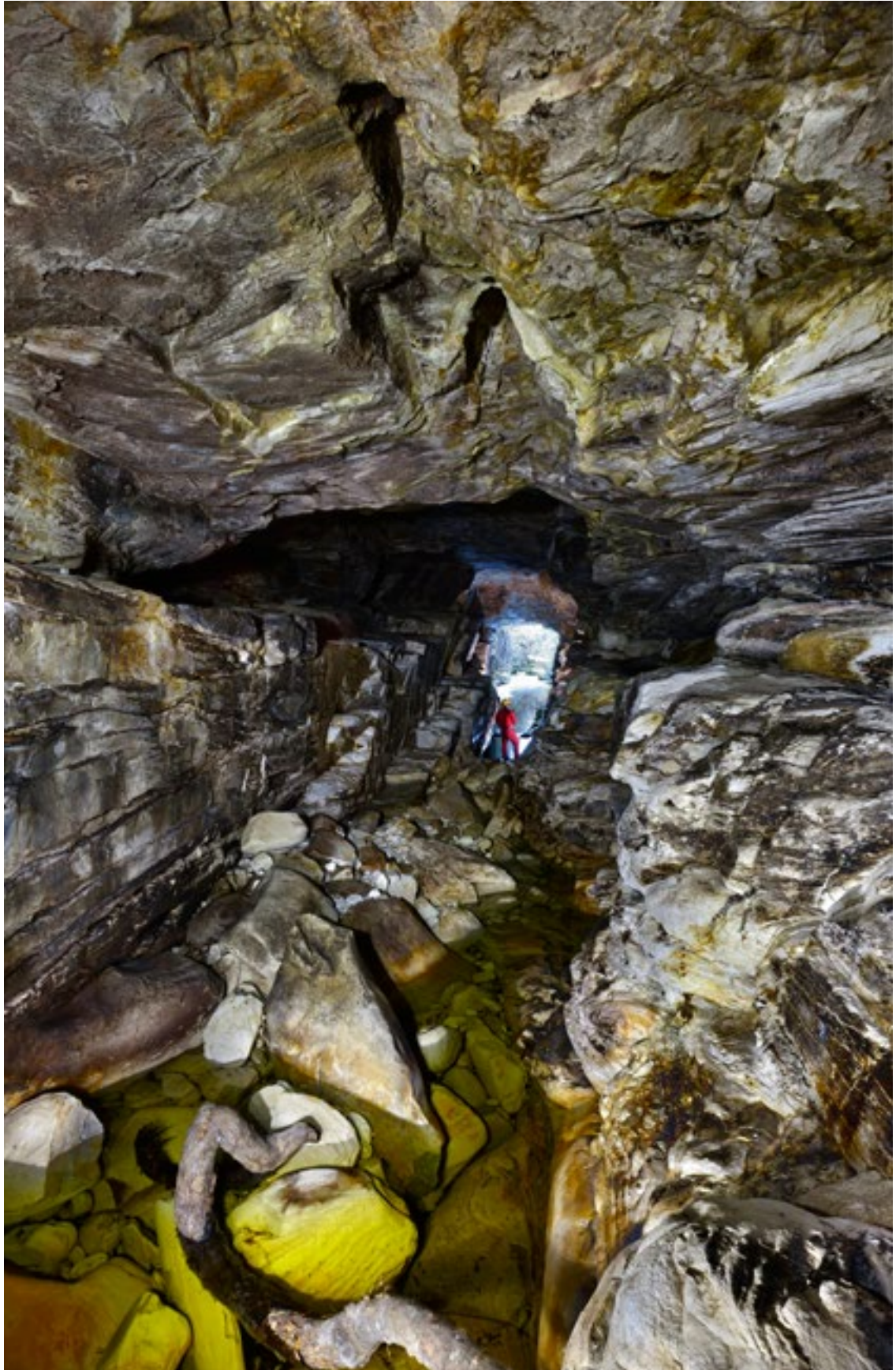






Ressurgência da Gruta Mata-Capim, em mármore, Santana do Riacho. LA/VM

Spring associated with the entrance of Mata-Capim cave in marble, Santana do Riacho.



Ressurgência na Gruta Água Debaixo do Chão, em quartzito, Congonhas do Norte. LA/VM

Spring associated with the entrance of Água Debaixo do Chão cave in quartzite, Congonhas do Norte.



Canion do Funil, em
quartzito, Presidente
Kubitschek.
LA/VM

*Funil canyon, in quartzite,
Presidente Kubitschek.*

Cavernas em mármore

Nos contrafortes da Serra do Espinhaço meridional, no trecho conhecido como Serra do Cipó, onde os calcários do Grupo Bambuí se encontram com os quartzitos do Supergrupo Espinhaço, eventos de alta pressão e temperatura provocaram alterações na composição do calcário, causando reorganização dos cristais de calcita (recristalização), resultando em uma rocha mais compacta e resistente, conhecida como mármore.

Esses mármore se dispõem em uma faixa alongada que acompanha a escarpa quartzítica, sob forma de vários morros irregulares compostos pela rocha negra que apresenta belos exemplos de lapiás. Esta área apresenta centenas de cavernas, muitas delas com importante valor arqueológico.

O processo gerador das cavernas em mármore é similar ao das cavernas em calcário. A água de chuva absorve gás carbônico (CO_2) da atmosfera e chega ao solo já relativamente ácida, proporcionando o ataque ao carbonato de cálcio (CaCO_3), elemento principal dos mármore e calcários. Esse processo químico de dissolução gera os lapiás na superfície da rocha. Essa água eventualmente irá entrar em contato com o solo, fazendo com que o CO_2 retido neste (oriundo das plantas e húmus) aumente a acidez da água. Essa água possui o poder de, aos poucos, atacar quimicamente a rocha, gerando as cavernas. Seja através da infiltração vertical na rocha, seja através do solo ou via sumidouros, a água ácida pouco a pouco corrói a rocha, gerando ao longo de centenas de milhares de anos as cavernas como as conhecemos hoje.

Caves in marble

On southern Espinhaço Mountain Range's abutments, along the stretch that is called Serra do Cipó and where the limestone of the Bambuí Group meets the quartzites of the Espinhaço Supergroup, high pressure and temperature events caused changes to the limestone composition that resulted in the reorganization of calcite crystals (recrystallization), creating a more compact and resistant rock that is known as marble.

This marble is disposed along an elongated strip that follows the quartzitic ridge under the form of several irregular hills consisting of dark grey rock that contain beautiful examples of karren. This marble contains thousands of caves, many of which have important archeological value.

The process that generates the caves in marble is similar to that creating caves in limestone. Rainwater absorbs carbon dioxide (CO_2) from the atmosphere, and it is relatively acidic when it reaches the soil, allowing for an attack on calcium carbonate (CaCO_3), the main element in marble and limestone. That chemical dissolution process generates the karren on the surface of the rock. When the water eventually comes into contact with the soil, it becomes even more acidic due to the CO_2 in the soil (from plant roots and humus). The water now has the power to chemically attack the rock little by little, generating caves. The acidic water slowly corrodes the rock over hundreds of thousands of years through vertical cracks, through the soil or via swallets, thereby generating the caves we know today.



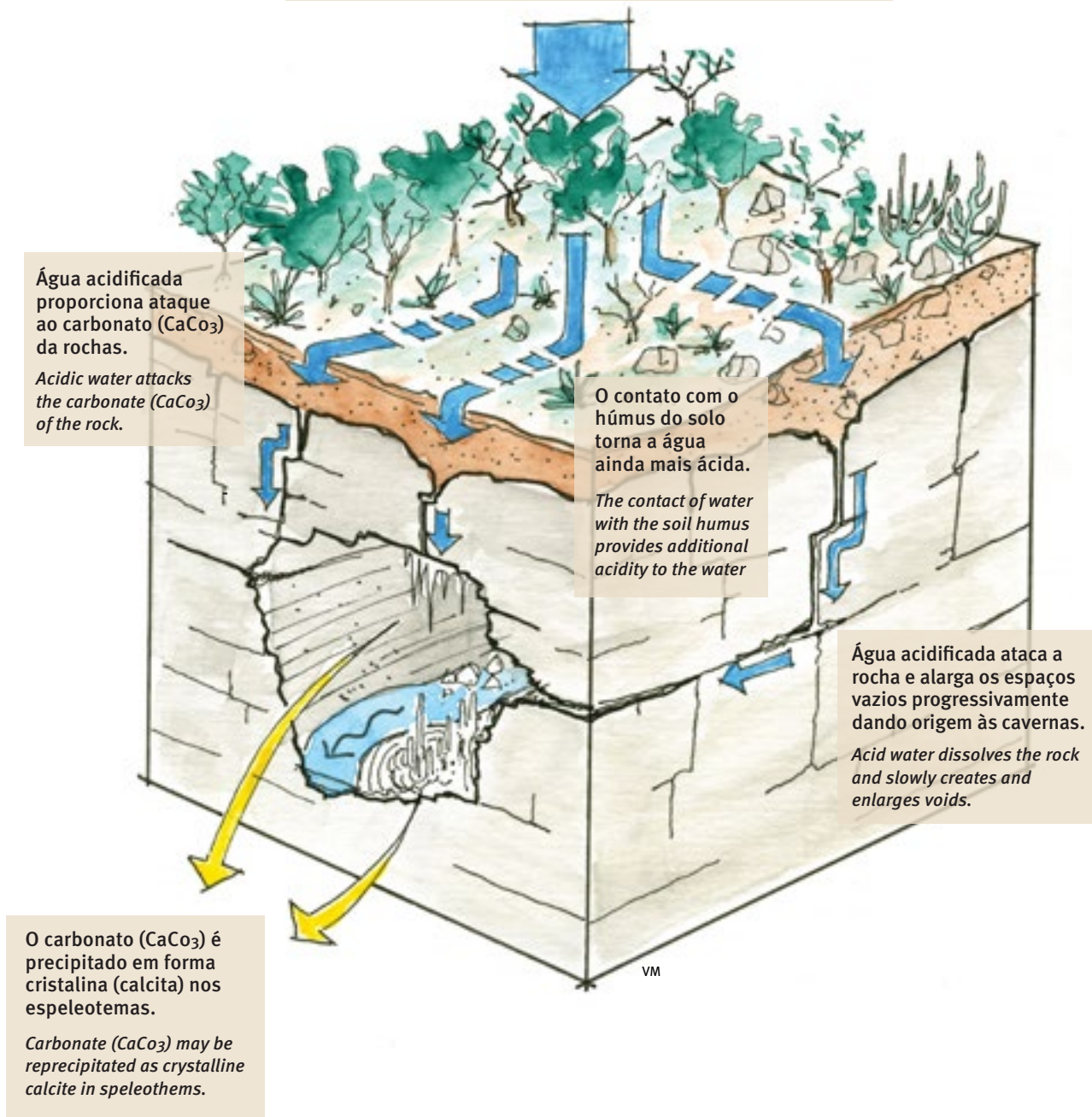
Detalhe da borda de espeleotema conhecido como cortina serrilhada, Santana do Riacho. LA/VM

Detail of edge of speleothem known as curtain, Santana do Riacho.

FLUXO HÍDRICO E PROCESSOS GEOQUÍMICOS ASSOCIADOS
À FORMAÇÃO DE UMA CAVERNA CARBONÁTICA

HYDROLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASPECTS
OF SPELEOGENESIS IN CARBONATE

Água de chuva + Gás Carbônico (CO_2) = ÁGUA ACIDIFICADA
Rain water + carbonic acid (CO_2) = ACIDIC WATER





Entrada principal da Lapa do Sucupira, em mãmoro, Santana do Riacho. AC

Main entrance to Sucupira cave, in marble, Santana do Riacho.

Com o tempo, é natural que as cavernas, antes preenchidas por água, se tornem secas, já que os rios subterrâneos vão se aprofundando, abandonando galerias que se tornam secas. Também a paisagem como um todo é “soerguida”. Como a crosta terrestre flutua em um manto de magma (rocha líquida), à medida que há erosão das camadas superficiais de rocha, há tendência que haja uma compensação do peso perdido, e toda a paisagem é levantada (ou soerguida). Assim, as cavernas que antes eram preenchidas por água, são muito lentamente levantadas, tornando-se pouco a pouco secas. É o caso das cavernas da Serra do Cipó, em sua grande maioria secas, embora tenham sido geradas pela água subterrânea.

Os mármores da Serra do Cipó ocorrem não apenas na base da serra, mas também isolados no topo. Quando dos eventos de falhamento e empurrão que criaram o relevo, algumas “lascas” isoladas de mármore ficaram intercaladas aos quartzitos, formando estreitas faixas de carbonato cercadas de quartzito. Como os quartzitos são mais resistentes, eles representam as porções mais altas. Os mármores estão dispostos como faixas mais rebaixadas, contendo drenagens e algumas interessantes cavernas.

Dentro das cavernas em mármore é comum observar depósitos minerais formados principalmente pela deposição química dos mesmos minerais do calcário. Esses depósitos, denominados espeleotemas, são de coloração predominantemente branca, compostos principalmente por calcita (CaCO_3) e possuem diversas formas, desde as bem conhecidas estalactites (no teto) e estalagmites (no piso), passando por escorrimentos, cortinas e mesmo formas mais raras, como represas de travertino e pérolas de caverna.

As time passes, it is natural for caves formerly filled with water to become dry as underground rivers deepen and excavate deeper routes. The landscape as a whole is also “uplifted”. The Earth’s crust floats on a coat of magma (liquid rock), and as superficial rock layers are eroded, there is a tendency to compensate for lost weight and so the entire region is raised (or uplifted). The caves that were filled with water are slowly raised and, little by little, become dry. This is the case for the caves in Serra do Cipó; although they were generated by groundwater, most of them are now dry.

Serra do Cipó’s marble occurs not only at the base of the hill but also isolated at the top. When the faulting and thrusting events that created the terrain took place, some isolated marble “chips” were interspersed with quartzites and formed narrow strips of carbonate surrounded by quartzite. Because quartzites are more resistant, they represent the higher portions. Marble is placed as a lowered strip that contains drainage and some interesting caves.

It is common to see mineral deposits inside marble caves mainly formed by the chemical deposition of the same rock components. These deposits are called speleothems. They are predominantly white and made up of calcite (CaCO_3). They can take different shapes, from the well-known stalactites (on the ceiling) and stalagmites (on the floor) to flowstone, curtains and even rarer forms such as rimstone dams and cave pearls.



CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE



Mármore em meio aos quartzitos, na APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM

Marble inbetween quartzite, in the Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.

Mármore (rocha acinzentada em segundo plano) em meio aos quartzitos (em primeiro plano), na APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM

Marble (dark grey rock in the background) and quartzite (foreground) in Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.





Espeleotemas na Gruta da Viola, em mármore, Santana do Riacho. AC

Speleothems in Viola cave, in marble, Santana do Riacho.



Espeleotemas na Gruta do Padre Borges,
em mármore, Santana do Riacho. LA/VM

*Speleothems in Padre Borges cave, in
marble, Santana do Riacho.*



Espeleotemas na Gruta da Viola, Santana do Riacho. LA/VM

Speleothems in Viola cave, Santana do Riacho.

Travertino com pérolas na Gruta da Viola, Santana do Riacho. LA/VM

Rimstone dams containing cave pearls in Viola cave, Santana do Riacho.





Cortina serrilhada em caverna
na APA Morro da Pedreira,
Santana do Riacho. LA/VM

*Wavy curtain edge in a
cave in Morro da Pedreira
Environmental Protection Area,
Santana do Riacho.*

Cavernas em quartzito

A maior parte da Serra do Espinhaço é composta por vários tipos de quartzitos. Muitos deles apresentam cavernas, algumas das quais com grandes volumes e bastante extensas. A caverna mais conhecida da região, a Gruta do Salitre, próxima a Diamantina, é um desses exemplos. Várias cavernas apresentam pequenos riachos que fluem por galerias muitas vezes amplas.

A rocha quartzítica não é homogênea. Apresenta intercalações de alguns minerais, como sericita (um tipo de mineral que forma finas plaquetas), variações do tamanho do cristal de quartzo que a compõe, além de numerosas fraturas. Esses elementos facilitam a entrada da água subterrânea fazendo com que, por processos de dissolução e erosão, haja remoção de constituintes e formação das cavernas. Os minerais de sílica, formadores dos quartzitos, são muito mais resistentes do que os minerais carbonáticos do mármore. Assim sendo, o processo químico de dissolução é muito mais lento. No entanto, ocorre uma particularidade que faz com que a evolução destas cavernas seja bastante diferente das cavernas em carbonatos.

O ataque químico dá-se no contato entre os grãos do quartzo. Esses não são totalmente dissolvidos, mas ao terem suas bordas corroídas pela água, ficam soltos. Dentro das cavernas é possível notar como as paredes se esfarelam com facilidade. Isso ocorre porque a dissolução entre os grãos desagrega a rocha, fazendo com que processos erosivos atuem mais facilmente, carregando na água corrente os grãos de quartzo e permitindo a expansão da caverna. Além da dissolução intergranular, camadas de alguns minerais (micas, sericita, etc.) são mais facilmente alteradas, podendo facilitar a entrada de água. Dessa forma, as cavernas em quartzito apresentam, em sua formação, uma importante primeira fase química, mas evoluem principalmente por processos erosivos (mecânicos).

Ao contrário das cavernas em mármore, os depósitos químicos (espeleotemas) em cavidades quartzíticas são mais restritos e de menor beleza cênica. Ocorrem principalmente pequenas concreções em formato de couve flor, agulha ou pipoca, conhecidos como coraloides. A composição tende a ser a mesma da rocha, predominando a sílica.

Caves in quartzite

Most of the Espinhaço Mountain Range is composed of different types of quartzite. Many of them have caves that can be large and quite extensive. Salitre Cave near Diamantina is the best known cave in the area. Several caves have small streams that flow through galleries, which are often large.

Quartzitic rock is not homogeneous. It has some interspersed minerals such as sericite (a type of mineral that forms thin plates), variations in the size of the quartz crystal that forms it and fractures. These elements ease the entrance of groundwater, which removes components through dissolution and erosion processes, resulting in the formation of caves. The silica minerals that form quartzites are much more chemically resistant than carbonate minerals in marble. Thus, the chemical process of dissolution is much slower. However, there is a particularity that makes the evolution of these caves quite different from that of carbonate caves.

The chemical reaction in quartzitic rock takes place in the contact between quartz grains. These are not totally dissolved but become loose when their edges are corroded by water. It is possible to see how the walls easily crumble inside the caves. This happens because the dissolution between grains disaggregates the rock, allowing the erosive processes to operate more actively by carrying quartz grains in running water and causing cave expansion. In addition to intergranular dissolution, layers of some minerals (micas, sericite, etc.) are more easily removed, and this may ease water inflow. Thus, the formation of quartzite caves presents an important initial chemical phase, but they evolve mainly through erosive (mechanical) processes.

Unlike caves in marble, chemical deposits (speleothems) in quartzitic cavities are more restricted and have less scenic beauty. They are primarily small concretions in cauliflower, needle or popcorn shapes known as coraloid. The composition tends to be the same as that of the rock, and silica is predominant.



Entrada da Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Entrance of Salitre cave, Diamantina.

DISSOLUÇÃO ENTRE OS GRÃOS DE QUARTZO — DISSOLUTION BETWEEN QUARTZ GRAINS

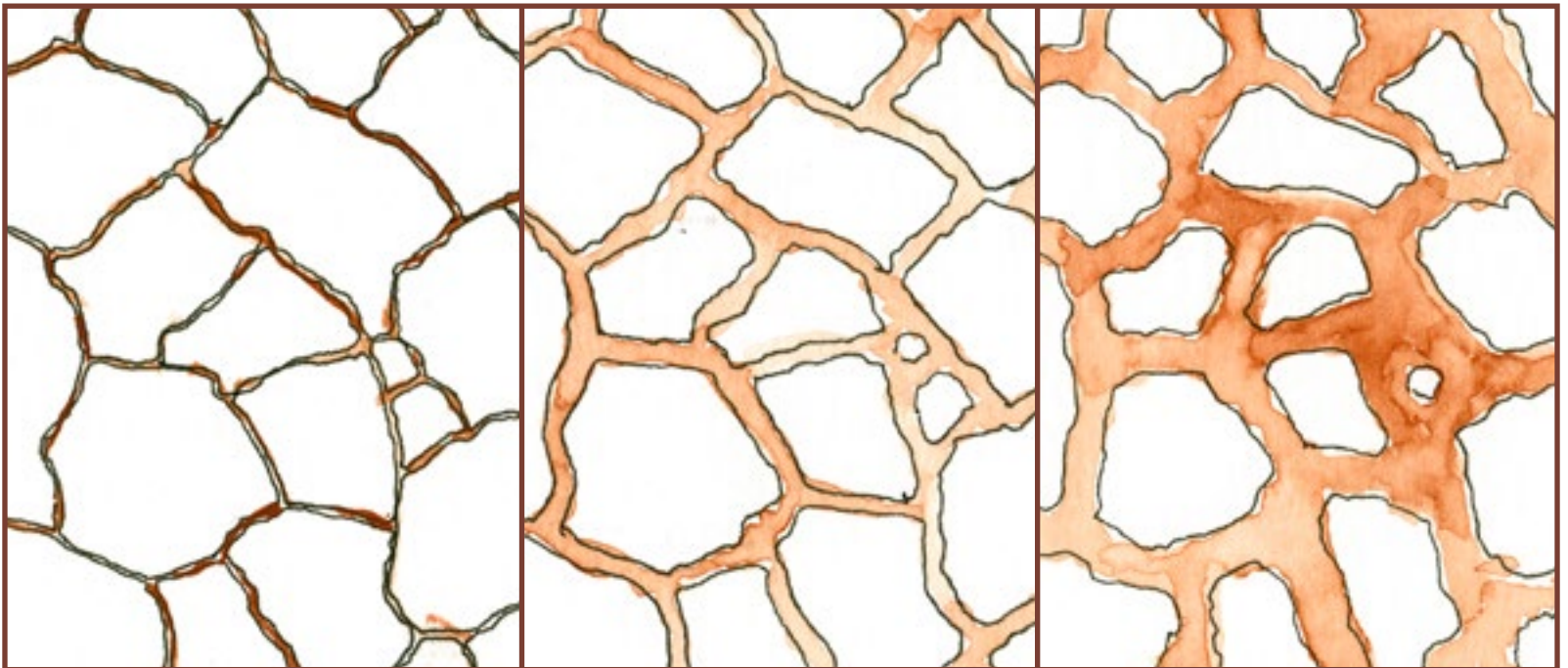


Figura esquemática mostrando dissolução nas bordas dos cristais de quartzo, que faz com que os mesmos fiquem soltos, podendo ser facilmente carreados pela água. VM

Schematic figure showing intergranular dissolution, which loosens the grains and allows for water transport.



Domo no teto de conduto
na Gruta do Salitre,
Diamantina. LA/VM

*Cupola at the ceiling of
Salitre cave, Diamantina.*

CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE



Conjunto de coraloídes
em estalactite gotejante
na Gruta do Salitre,
Diamantina. LA/VM

*Coralloids in dripping
stalactite in Salitre cave,
Diamantina.*



Espeleotema na Gruta
do Salitre, Diamantina.
LA/VM

*Bulbous speleothem
in Salitre cave,
Diamantina.*



Espeleotema, medindo
cerca de 1cm, na Gruta
do Salitre, Diamantina.
LA/VM

*Speleothem
approximately 1 cm
long in Salitre cave,
Diamantina.*



Espeleotema na
Gruta Monte Cristo,
Diamantina. LA/VM

*Speleothem in Monte
Cristo cave, Diamantina.*



Espeleotema na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Speleothem in Salitre cave, Diamantina.



Espeleotema na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Speleothem in Monte Cristo cave, Diamantina.



Espeleotema na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Speleothem in Monte Cristo cave, Diamantina.



Espeleotema na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Speleothem in Monte Cristo cave, Diamantina.



Cortinas na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Curtains in Salitre cave, Diamantina.



Espeleotema no Sumidouro das Areias, Diamantina. LA/VM

Speleothem in Areias swallet, Diamantina.



Conjunto de espeleotemas na parede da Gruta Baixada das Crioulas I, em quartzito, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Speleothems at the wall in Baixada das Crioulas I cave, in quartzite, Itambé do Mato Dentro.

Cavernas em rochas ferríferas

Ao longo da Serra do Espinhaço ocorrem algumas estreitas faixas de formações ferríferas. Por ser mais resistente do que o mármore e o quartzito, estas rochas formam as partes mais altas das serras do Itapanhoacanga, Ferrugem, Sapo e Serpentina, próximas aos municípios de Conceição de Mato Dentro e Morro do Pilar. Atualmente, a riqueza econômica das rochas ferríferas tem proporcionado muitas pesquisas espeleológicas para fins de licenciamento ambiental, resultando na identificação e realização de estudos ambientais aprofundados em centenas de cavernas.

A rocha rica em ferro não é homogênea. A rocha original, conhecida como “Formação Ferrífera Bandada” ou pelo

Caves in iron formations

Some narrow strips of iron formations occur along the Espinhaço Mountain Range. As it is more resistant than limestone and quartzite, iron rich rocks forms the higher parts of Itapanhoacanga, Ferrugem, Sapo and Serpentina ridges near the cities of Conceição de Mato Dentro and Morro do Pilar. Currently, the economic wealth of iron formations has allowed several speleological studies for environmental licensing purposes, resulting in the identification of thousands of caves and the execution of detailed environmental studies.

The iron-rich rock is not homogeneous. The original rock, known as “banded iron formation” or by the local name of

Afloramentos no topo da Serra da Ferrugem, Conceição do Mato Dentro. JB

Outcrops at the top of Ferrugem ridge, Conceição do Mato Dentro.



nome local de itabirito, apresenta bandas (ou faixas) intercaladas de sílica (SiO_2) e ferro. É uma rocha compacta e resistente. Com a alteração da sílica, que é menos resistente que o ferro, ocorre concentração deste último, resultando em uma rocha menos coesa e muito rica em ferro. A esse tipo de rocha, pode-se dar o nome genérico de “minério de ferro”. Outra variedade é a canga, que forma uma capa que recobre as serras, em geral com poucos metros de espessura. A canga é um aglomerado de fragmentos de rochas variadas, mas principalmente itabirito e minério de ferro, cimentados por material ferruginoso. Também é rica em ferro. Cavernas ocorrem em todos esses tipos de rocha, mas tendem a predominar no contato entre a canga e o itabirito.

itabirite, has interspersed bands (or strips) of silica (SiO_2) and iron. It is a compact and resistant rock. With the chemical removal of silica, which is less resistant than iron, there is a concentration of the latter, resulting in a less cohesive and iron-rich rock. The generic name of “iron ore” can be given to that type of rock. Another variety is the canga, which covers hills and is usually a few meters thick. Canga is an agglomerate of fragments of different rocks, mainly itabirite and iron ore, cemented by ferruginous material. It is also rich in iron. There are caves in all of these types of rock, although they tend to be predominant in the contact between canga and itabirite.

Teto formado por canga na caverna CAI-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Ceiling formed by canga in CAI-03 cave, Conceição do Mato Dentro.



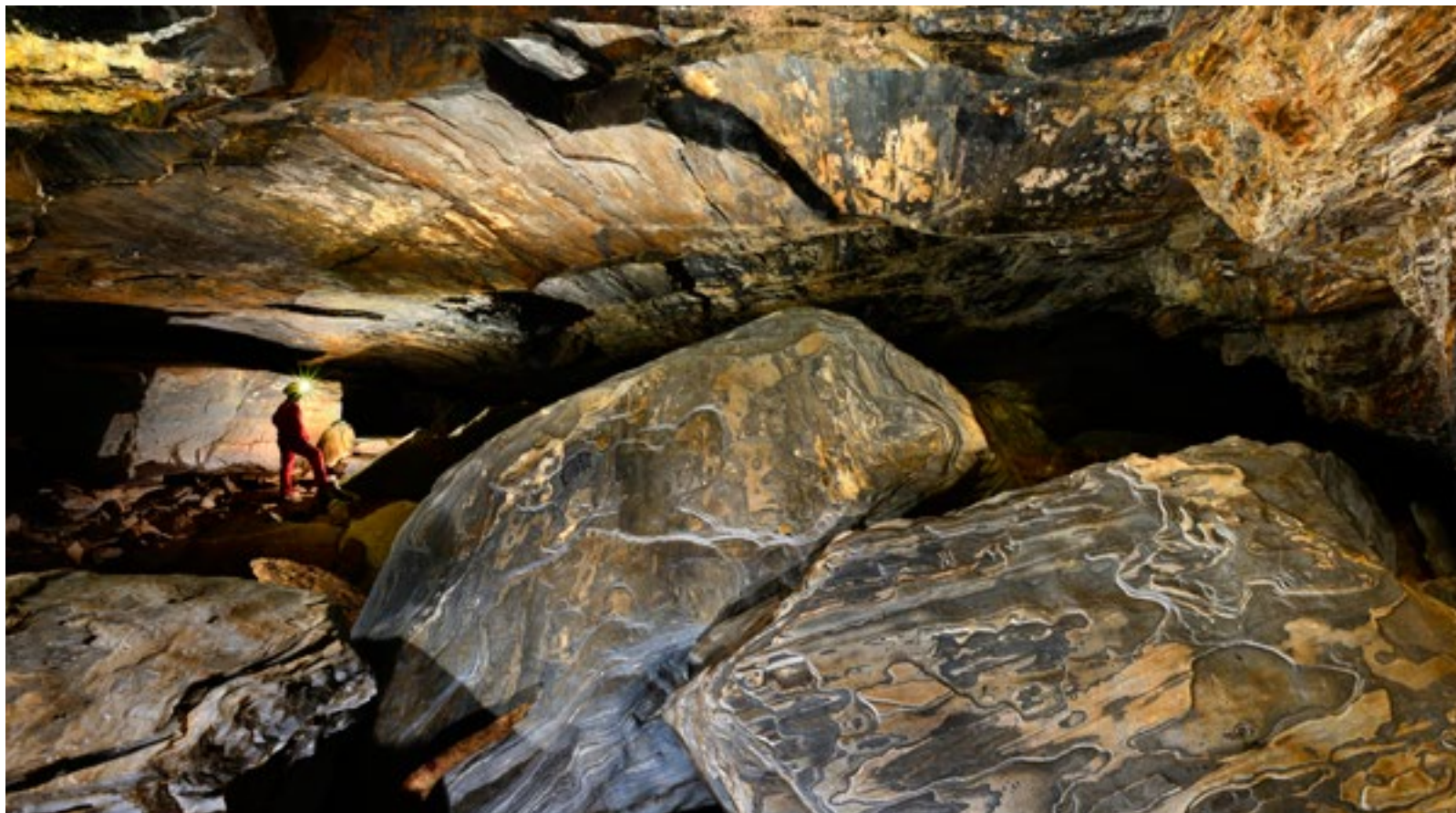


Contato entre a canga e o itabirito na caverna CAI-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Contact between canga and itabirite in CAI-03 cave, Conceição do Mato Dentro.

Blocos de itabirito, com bandas de sílica preservadas, Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

Itabirite blocks, with preserved silica bands, Grotão cave system, Morro do Pilar.



CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE

Caverna CAV-0001B, Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

CAV-0001B cave, Grotão cave system, Morro do Pilar.



As cavernas em rochas ferríferas não são amplas e extensas como aquelas inseridas em quartzito ou mármore. Em média, possuem apenas 20 m de extensão, sendo estreitas e, para alguns, pouco convidativas. Mas têm demonstrado possuir notável importância, tanto em termos da vida animal adaptada ao ambiente subterrâneo como também em relação à sua importância para a compreensão da formação dos depósitos de minério. Isso porque a gênese das cavernas parece estar relacionada à gênese do minério de ferro de alto teor, tão valorizado nos tempos atuais, já que ambos envolvem a remoção da sílica e concentração de ferro.

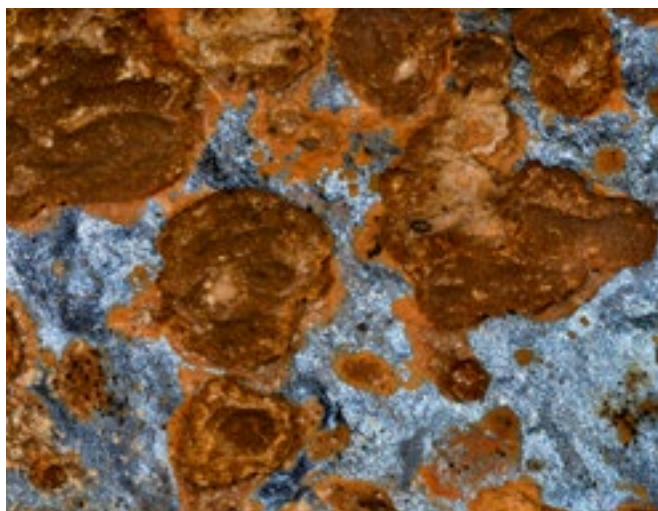
Além da remoção da sílica, ocorrem reações químicas envolvendo os minerais de ferro. Acredita-se que isso se dá através de bactérias que mobilizam os elétrons das moléculas de minerais ferruginosos, promovendo a solubilização do ferro. Muito pouco se sabe sobre esse processo, mas é interessante pensar que essas cavernas são formadas não só por agentes químicos e físicos, mas também por processos biológicos.

Cavernas em rochas ferríferas não apresentam depósitos químicos de grande beleza. A cor predominante é a mesma da rocha, marrom escura. Os espeleotemas mais comuns são as crostas, que cimentam as paredes e piso, e os coraloídes, que raramente atingem mais de 1 cm de comprimento. A mineralogia é variada, mas compreende principalmente óxidos de ferro, como goethita e hematita.

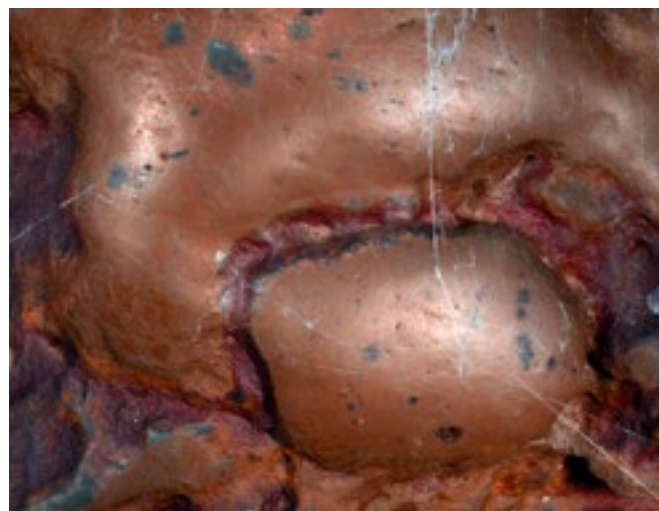
Caves in iron formations are not as large and extensive as those inserted in quartzite or marble. They have an average extension of only 20 m, they are narrow and some are not very appealing. However, they have proved to have remarkable importance in terms of animal life adapted to the underground environment and also in regards to understanding the formation of ore deposits. The genesis of these caves appears to be connected to the genesis of high content iron ore, which is currently very valued, as both involve silica removal and iron concentration.

In addition to silica removal, there are chemical reactions involving iron-rich rocks. It is believed that they take place through bacteria that mobilize electrons in the molecules of ferruginous minerals and promote the solubilization of iron. Very little is known about this process, but it is interesting to think that those caves are formed not only by chemical and physical agents but also by biological processes.

Caves in iron formations do not display particularly beautiful chemical deposits. The predominant color is dark brown, similar to the rock. Most common speleothems are the crusts that cement the walls and the floor and coralloids, which are rarely over 1 cm long. The mineralogy is varied, but it is mainly iron oxides such as goethite and hematite.



Espeleotema na CAV-0001A, Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM
Speleothem in CAV-0001A, Grotão cave system, Morro do Pilar.



Detalhe de espeleotema na caverna CSF-02, em Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Close up of speleothem in CSF-02 cave, Conceição do Mato Dentro.

Espeleotema gotejando na
CAV-0001B, Sistema Lapa
do Grotão, Morro do Pilar.
LA/VM

*Dripping speleothem in
CAV-0001B, Grotão cave
system, Morro do Pilar.*



O mundo subterrâneo da Serra do Espinhaço Meridional

As belíssimas paisagens da Serra do Espinhaço não estão restritas aos extensos horizontes de campos e montanhas a perder de vista. Sob os nossos pés ocorre um mundo quase desconhecido, mas que apresenta uma rica e longa história geológica e ambiental, intimamente integrado à superfície, embora praticamente ignorado por milênios desde a ocupação da área pelo homem primitivo.

Esta obra busca, de forma pioneira, resgatar um pouco dessa fantástica história. Os textos acompanhados de fotografias trazem ao leitor o que se conhece sobre o patrimônio espeleológico deste setor da Serra do Espinhaço. Cavernas nos três tipos principais de rocha são apresentadas: em mármore, quartzito e rochas ferríferas. Os capítulos seguintes reúnem informações sobre as principais cavernas, seu contexto geológico, suas formas internas, através de mapas e fotografias, e uma síntese dos estudos existentes até o momento. Um desses estudos representa uma pioneira aplicação de traçadores corantes, que permitiu elucidar o intrincado padrão da drenagem subterrânea em zonas de rochas ferríferas. Conforme já mencionado, as cavernas não se restringem a espaços vazios sem vida ou valor científico e cultural. São habitadas por uma fauna peculiar, tema de um capítulo sobre a biologia das cavernas da área. O valor arqueológico das cavidades, muitas vezes evidenciado por pinturas rupestres, é também abordado nesta obra, que mostra que a importância das cavernas já era reconhecida a milênios. Por fim, a obra é finalizada com um alerta sobre a fragilidade deste ambiente e medidas de proteção recomendáveis. São inúmeros os potenciais impactos que ameaçam o patrimônio espeleológico do Espinhaço meridional e cabe a nós controlá-los, para que seja possível uma gestão racional desse notável patrimônio ambiental para as gerações vindouras.

The underground world of the southern Espinhaço Mountain Range

The very beautiful scenery of the Espinhaço Mountain Range is not restricted to the extensive field and mountain horizons. There is an almost unknown world under our feet that represents a rich and long geological and environmental history. That world is closely connected to the surface, although it has mostly been ignored for millennia since primitive man occupied the area.

This pioneering work tries to rescue part of this long and rich history. Text accompanied by photos bring to the reader what is known about the speleological heritage of this section of the Espinhaço Mountain Range. Caves in the three main types of rock are presented: in marble, quartzite and iron formations. The chapters gather information, through maps and photographs, on the main caves, their geological context, and their internal form as well as provide a summary of existing studies. One of these studies represents a pioneering application of dye tracers, which clarified the complex standards of underground drainage in iron areas. As mentioned above, caves are not solely void spaces with no life or scientific and cultural value. They are inhabited by a peculiar fauna that is the object of a chapter on the biology of the caves in the area. The archeological value of the cavities, many times evidenced by rock paintings, is also the object of a chapter that shows that the value of caves had already been recognized thousands of years ago. Finally, the work is concluded with a warning about the fragility of this environment and recommended protection measures. Several potential impacts threaten the speleological heritage of the southern Espinhaço Range, and we are responsible for controlling it so that this remarkable environmental heritage can be rationally managed for the generations to come.



CAVERNAS EM MÁRMORE

Caves in Marble

Tatiana Souza e Augusto Auler



A paisagem geológica da Serra do Cipó

Dotada de atrativos turísticos e ambientais de reconhecimento nacional, a Serra do Cipó consiste em um dos locais mais conhecidos e visitados do trecho médio da Serra do Espinhaço Meridional. Muito embora suas belas paisagens sejam edificadas majoritariamente sobre rochas quartzíticas, nos contrafortes da Serra do Cipó ocorrem lentes de mármore que oferecem à região um importante potencial para a formação de cavernas. Os principais minerais constituintes do mármore, calcita – CaCO_3 – e dolomita – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ –, são facilmente dissolvidos em água, o que potencializa o desenvolvimento de belas feições de dissolução típicas de relevos cársticos. A região já soma mais de uma centena de cavernas registradas, em sua maioria pouco conhecidas e não incorporadas nos típicos roteiros turísticos da Serra do Cipó.

Os mármore da região ocorrem na parte baixa da serra, sob forma de estreitos afloramentos descontínuos cercados por quartzitos e rochas de composição argilosa, paralelos à escarpa. Pertencem à Formação Sete Lagoas do Grupo Bambuí e sua idade foi calculada em mais de 700 milhões de anos. São originados de calcários e dolomitos submetidos a eventos de alta pressão e temperatura (metamorfismo), sofrendo recristalização e alteração da forma e dimensão dos cristais. Os mármore da região apresentam impurezas em sua composição, já que contêm intercalações de minerais não carbonáticos, como micas e material argiloso. Quanto maior a quantidade de minerais carbonáticos, mais pura é a rocha, e mais susceptível esta será à formação de cavernas. Os minerais não carbonáticos presentes na rocha original tendem a separá-la em camadas (ou bandas), resultando em diversas faixas de coloração e resistência distintas.

The geological scenery of Serra do Cipó

With tourist and environmental attractions that are recognized nationwide, Serra do Cipó (Cipó Ridge) is one of the most well-known and visited locations in the middle section of the Southern Espinhaço Mountain Range. Although its beautiful scenery is mostly built on quartzitic rock, there are marble lenses on Serra do Cipó's abutments that provide the area with an important potential for the formation of caves. The primary minerals from which marble is formed, calcite (CaCO_3) and dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), are easily dissolved in water, and this favors the development of beautiful dissolution landforms that are typical of karst landscapes. The area already features over a hundred registered caves, of which most are little known and not yet incorporated into the tourist tours of Serra do Cipó.

The marbles in the area occur in the lower part of the hill in the form of narrow discontinuous outcroppings surrounded by quartzites and clay rock in parallel with the ridge. They belong to the Sete Lagoas Formation in the Bambuí Group, which is interpreted as being over 700 million years old. The marbles originated from limestone and dolomites submitted to high pressure and temperature events (metamorphism), undergoing recrystallization—crystal shape and dimension changes. Impurities are part of the marble composition once it contains interspersed non-carbonate minerals such as micas and clay material. The larger the number of carbonate minerals, the purer the rock, and the more subject it is to the formation of caves. Non-carbonate minerals in the original rock tend to separate it into layers (or bands), resulting in several strips of different colors and strength.

Antiga mineração de mármore, desativada, na APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/ VM

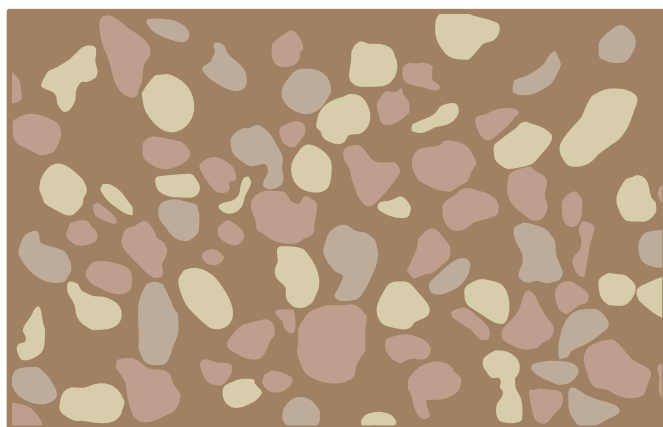
Marble quarry, now disactivated, in the Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.



Detalhe mostrando mármore com faixas de minerais (bandas) de composição, coloração e resistência diferenciada à dissolução. As setas apontam uma descontinuidade oblíqua (falha) preenchida por minerais, Santana do Riacho. LA/VM

Close-up of marble at quarry face, showing bands of minerals with different composition, color and resistance to dissolution. The arrow shows an oblique fault filled with minerals, Santana do Riacho.

Outra característica importante resultante do processo de metamorfismo que dá origem ao mármore diz respeito à considerável diminuição dos espaços vazios entre os cristais que o compõem, devido à recristalização mineral e ao crescimento dos mesmos. Com isso, a circulação da água passa a ser restrita às discontinuidades estruturais no interior da rocha, como fraturas, falhas e superfícies de deposição, fazendo com que essas discontinuidades sejam alvo principal de dissolução. Onde essa penetração hídrica é facilitada, importantes cavernas podem se formar nos mármore, como é observado na Patagônia, Itália e Califórnia (EUA).



Representação gráfica de observação microscópica, comparando o corte de uma lâmina de calcário (esquerda) e mármore (direita). Os espaços entre os cristais são maiores nos calcários, diminuindo consideravelmente com a ação do metamorfismo. FP

Schematic representation of thin section of limestone (left) and marble (right). Space inbetween grains are larger in the limestone, being much more restrict in the marbles due to metamorphism.

Na região da Serra do Cipó o cenário não é diferente, já que as estruturas geológicas possuem um importante papel não apenas na espeleogênese, como também na conformação de toda a paisagem. Os elementos estruturais característicos dessa região são resultantes de uma complexa evolução das rochas e do relevo, em um período denominado como Ciclo Brasileiro (ocorrido a cerca de 550 milhões de anos atrás), que culminou em empurrões da crosta, a partir da movimentação tectônica, no sentido leste para oeste, e no consequente cavalgamento de camadas dos quartzitos do Supergupo Espinhaço sobre as rochas do Grupo Bambuí. A região da Serra do Cipó se configura, portanto, como uma área de contato entre uma zona relativamente estável, a oeste, e uma faixa de dobramentos, representada pela Serra do Espinhaço, a leste. Em função desse contexto tectônico, os mármore encontram-se intensamente deformados próximos à frente de

Another important characteristic resulting from the metamorphic process that originates marble concerns the considerable decrease of voids between crystals due to mineral recrystallization and also to crystal growth. These processes cause a reduction in the space between grains. Water flow is restricted to the rock's structural discontinuities such as fractures, faults and deposition surfaces, and these structures are subject to dissolution. Wherever water flow is made easier, important caves may be formed in marble, as we can see in Patagonia, Italy and California (USA).

The scenario is not different in the area of Serra do Cipó, where geological structures play an important role not only in speleogenesis but also in the development of the landscape as a whole. The characteristic structural elements are the result of a complex evolution of the rocks and the landscape during a period that is called the Brasileiro Tectonic Cycle (it took place around 550 million years ago). This period culminated in tectonic movements pushing the crust from east to west and the consequent overthrust of quartzites in the Espinhaço Supergroup over the rocks in the Bambuí Group. Thus, the Serra do Cipó area is configured as the contact area between a quite stable area to the west and a folded strip represented by the Espinhaço Mountain Range to the east. Due to this tectonic context, the marble is highly disturbed near the tectonic front and features tight folds that display a complex structure. That same tectonic event was also responsible for

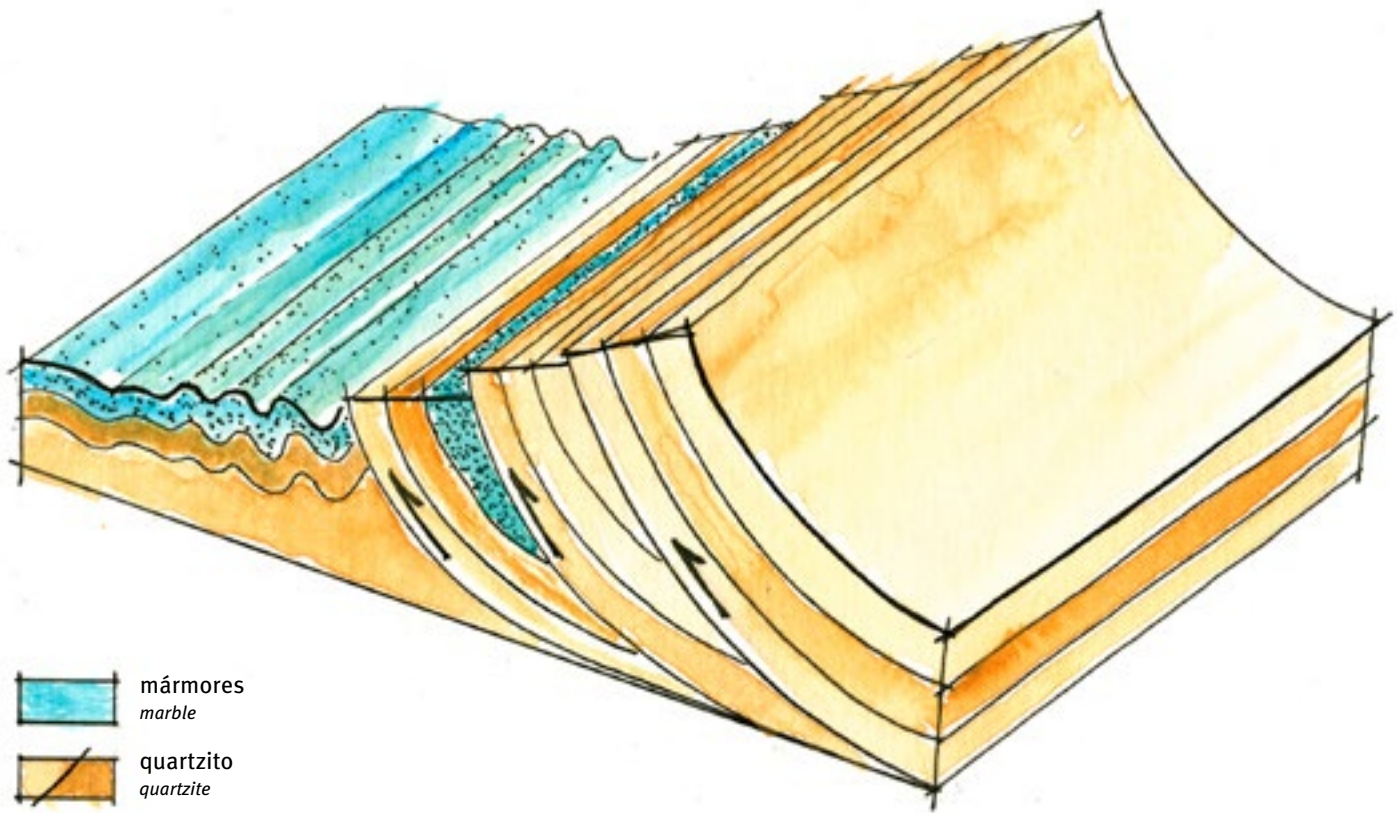


Ilustração conceitual de estruturas geológicas decorrentes do Ciclo Brasileiro, como cavalgamento de quartzitos do Supergrupo Espinhaço sobre rochas do Grupo Bambuí, resultando no dobramento destas. VM

Schematic diagram of geological structures created by overthrust faulting of Espinhaço quartzites over Bambuí carbonates, resulting in folding of the marbles.



Detalhe mostrando dobramento e falhamento em mármorees na Serra do Cipó, em antiga pedreira desativada, na região da Bocaina, Santana do Riacho. LA/VM

Close up view showing folding and faulting of marbles in an old quarry face at Bocaina area, Serra do Cipó, Santana do Riacho.

empurrão, apresentando dobras fechadas com padrão “caótico”. Este mesmo evento tectônico foi também responsável pela formação de lascas de mármore isoladas no alto da Serra do Cipó, na região conhecida como Lapinha.

Sobre esse arranjo geológico, observa-se que a paisagem está diretamente associada ao tipo de rocha e às estruturas geológicas da região, levando à existência de três setores principais. A leste dos mármore, se encontra a escarpa da Serra do Cipó, edificada sobre rochas quartzíticas, com forte inclinação da encosta, apresentando as maiores elevações da área, de até 1.300 m, de onde provém parte dos rios que fluem em direção aos mármore. Já a oeste, o relevo é mais suavizado e ondulado, marcado por canais lineares gerados por ação erosiva. Esse setor chega a atingir até 1.100 m de elevação. Por fim, a unidade dos mármore ocupa a área mais rebaixada da paisagem local e abriga a superfície cárstica da região da Serra do Cipó. As porções mais elevadas dessa superfície ocorrem bordejando a escarpa quartzítica e são representadas por morros onde os mármore se encontram expostos na superfície. Esses morros, dentre os quais os mais conhecidos são o Morro da Pedreira e da Bocaina, foram possivelmente individualizados, na parte sul, pela ação de rios provenientes da serra quartzítica.

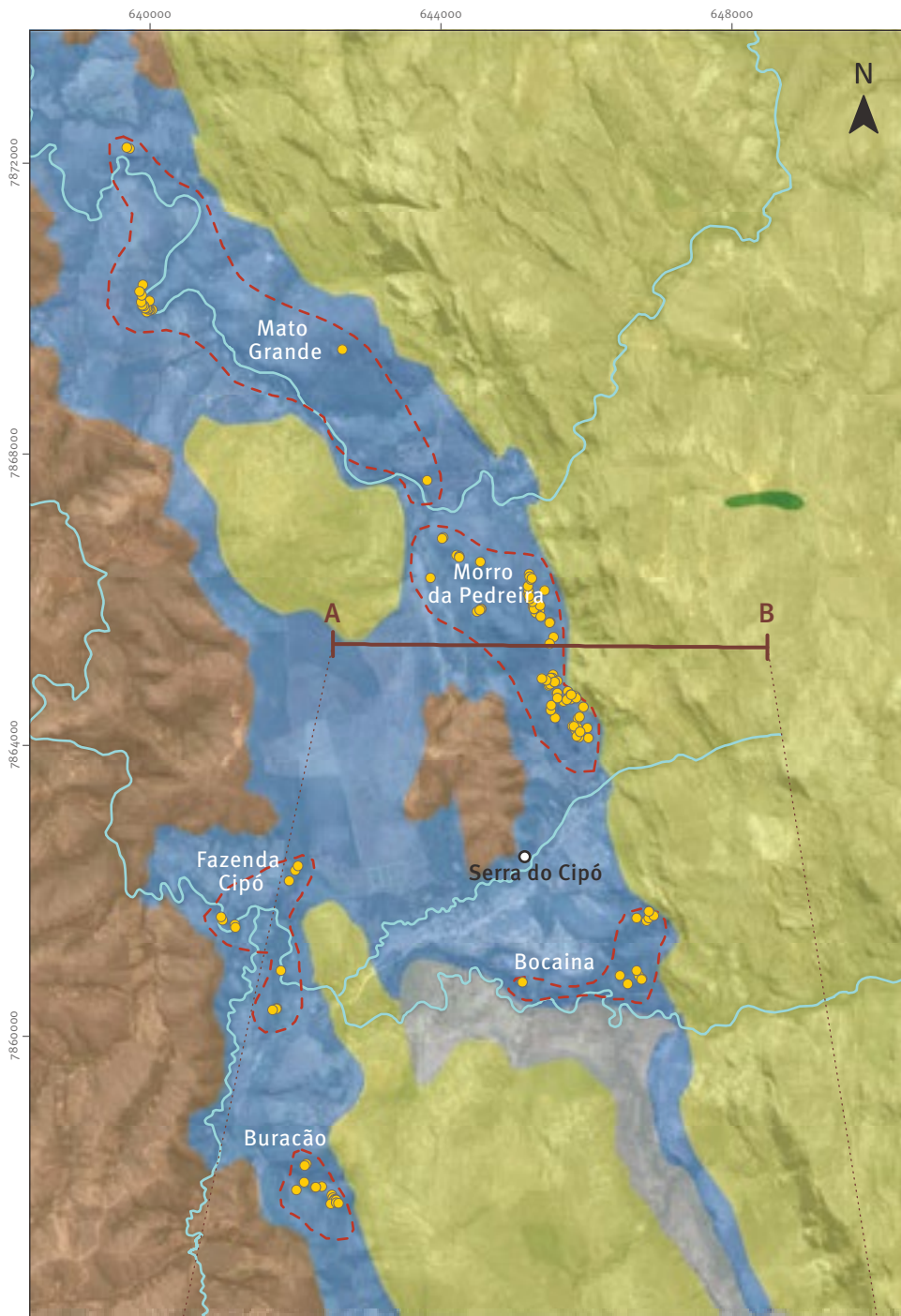
the occurrence of isolated marble strips on the top of Serra do Cipó, in a region known as Lapinha.

In this geological arrangement, the landscape is directly associated with the type of rock and with the geological structures in the area, leading to the creation of three main sectors. Serra do Cipó scarp is located to the east of the marble. It is built on quartzitic rock, the slopes are very steep and elevations in the area may reach 1,300 m, the highest in the area. Some of the rivers that flow towards the marbles come from this area. To the west, the terrain is smoother and wavy. It is marked by river valleys that are also directed toward the marbles. That sector may reach 1,100 meters of elevation. Finally, the marble unit occupies the lowest part of the local landscape, and it displays the karst landscape of the Serra do Cipó area. The higher sectors of that surface border the quartzitic ridge, and they are represented by hills where the marble is exposed on the surface. These hills, among which the best known are Pedreira and Bocaina Hills, were possibly individualized to the south due to the action of rivers from quartzitic ridges.



Afloramento em mármore (direita) rodeado por quartzitos (parte superior esquerda), na região da Bocaina, Santana do Riacho. LA/VM

Marble outcrop (right) surrounded by quartzite (upper left) in Bocaina area, Santana do Riacho.



GEOLOGIA DA REGIÃO DA SERRA DO CIPÓ

GEOLOGY OF SERRA DO CIPÓ AREA

- Cavernas
Caves
- Distrito
District
- ~ Principais rios
Main rivers
- Áreas Espeleológicas
Speleological area

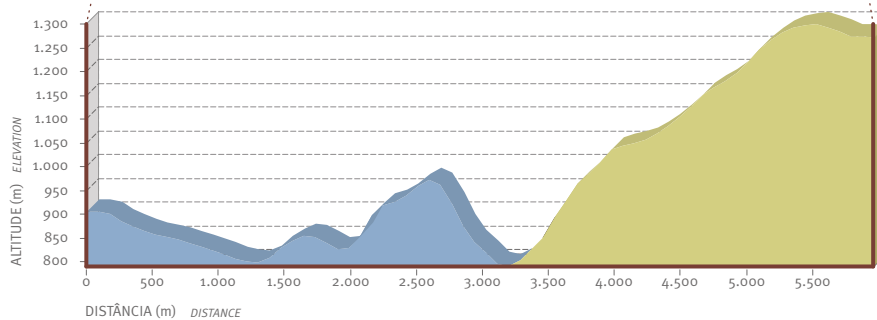
LITOLOGIA

- Depósitos aluvionares
Alluvial deposits
- Soleiras e diques máficos
Sills and mafic dikes
- Pelitos
Pelites
- Mármore
Marble
- Quartzito
Quartzite

Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45° WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SAD'69

0 1 2 km

PERFIL TOPOGRÁFICO A - B TOPOGRAPHIC PROFILE



Os rios Cipó, Parauninha e Mata-Capim consistem nos principais cursos d'água da zona marmórea dessa região, tendo origem nas encostas quartzíticas circundantes.

Os morros cársticos da região da Serra do Cipó abrigam uma vegetação do tipo Mata Seca, marcante, em geral, nas áreas em que a rocha carbonática se encontra exposta, sendo caracterizada pela queda da maior parte das folhas na estação seca. Os morros em mármore são também fortemente recortados por feições do tipo lapiás, que correspondem a canalículos ou estrias na rocha, por vezes pontiagudos, formados pela ação da água das chuvas, que apresentam dimensões variadas nessa área.

Os paredões rochosos também se destacam na paisagem cárstica da Serra do Cipó, formando extensões verticalizadas da rocha. O paredão da Lapa da Sucupira é um belo exemplo desse tipo de ocorrência, com cerca de 70 m de altura, às margens do rio Parauninha. É dotado de grande beleza cênica e abriga um importante sítio arqueológico da região.

Cipó, Parauninha and Mata-Capim rivers are the main watercourses in this marble area, and they originate in the surrounding quartzitic slopes.

Karst hills in the Serra do Cipó area feature vegetation of the Dry Wood type, generally occurring in the areas where the carbonate rock is exposed and characterized by falling leaves in the dry season. Marble hills are highly cut by karren landforms that correspond to small and sometimes sharp channels or grooves on the rock formed by the action of rainwater and having varied dimensions.

Rock walls are also remarkable in the karst landscape of Serra do Cipó, forming vertical cliffs. The 70-meter high Sucupira cave cliff at the margins of Parauninha River is a beautiful example of this type of landform. It has scenic beauty, and it shelters an important archeological site.



Lapiás centimétricos na região da Bocaina, Santana do Riacho. LA/VM
Centimeter long karren in Bocaina area, Santana do Riacho.



Lapiás verticalizados de grandes dimensões, Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM
Vertical karren of large dimensions, Pedreira Hill, Santana do Riacho.



Mata Seca, em meio a paredões com lapiás verticalizados, na APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. AC

Dry wood vegetation amidst cliffs containing vertical karren, Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.



Paredão da Lapa da Sucupira, Santana do Riacho. LA/VM

Marble cliff near Sucupira cave, Santana do Riacho.

Grande arco cárstico na APA Morro da Pedreira, com cerca de 20 m de altura, e origem associada ao desmoronamento natural de cavernas, Santana do Riacho. LA/VM

20 meter high karst arch in Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho. The arch was created due to the natural collapse of caves.



As cavernas da Serra do Cipó

As primeiras referências a cavidades naturais subterrâneas existentes na região da Serra do Cipó datam de 1939, sendo realizadas por meio da obra *As Grutas em Minas Gerais*, em que são descritas as cavernas denominadas “Gruta do Sacrário”, “Gruta do Elefante” e “Lapas da Vacaria”, situadas, conforme relato,

(...) aos pés da Serra do Cipó, em sua vertente ocidental, em terrenos de Joaquim Português, próximo ao lugar denominado Vacaria, no distrito de Riacho Fundo.

As cavernas atualmente conhecidas nessa região se encontram distribuídas junto aos morros cársticos situados especialmente no contato com os quartzitos da Serra do Cipó. O Mapa de Litologia da Região apresenta a localização das cavernas, bem como a delimitação de áreas onde são reconhecidos agrupamentos espeleológicos. Como pode ser observado, o Morro da Pedreira abriga a maior parte das cavernas conhecidas da região.

Apesar do grande número de cavernas junto aos mármores da Serra do Cipó, essas possuem em geral, pequena extensão, com uma média de 33 m. Tal fato associa-se, possivelmente, à fragmentação de antigas cavernas mais extensas por processos naturais, resultando em um grande número de pequenas cavidades. Dentre as principais cavernas dessa região, destaca-se a Gruta da Viola, Gruta Teto de Seixos, Gruta do Salitre, Gruta Mata-Capim, Gruta Bocaina V e Gruta dos Morcegos.

A Gruta da Viola e a Gruta Teto de Seixos imperam como as maiores cavernas da região da Serra do Cipó, com 615 e 500 m de extensão, respectivamente. Estão situadas nas porções elevadas do Morro da Pedreira, distando cerca de 50 m entre si. Essas duas cavernas apresentam características morfológicas bastante similares, com presença de galerias retilíneas que se entrecruzam em distintos ângulos.

Nessas duas cavernas, as galerias são majoritariamente estreitas e altas, indicando uma formação ao longo de fraturas verticais ou inclinadas. Nesses casos, as passagens configuram-se como fendas retilíneas, com seção transversal tipicamente lenticular, estreitando para cima. A largura dos condutos é bem menor do que a altura. A Gruta da Viola apresenta também alguns salões de dimensões consideráveis, o que constitui uma exceção em relação às demais cavidades dessa área.

Caves in Serra do Cipó

The first references to caves in the Serra do Cipó area date to 1939 and were published in the book “The Caves of Minas Gerais”. There, the caves called Sacrário, Elefante and Vacaria are described and their locations are established as seen below,

(...) at the feet of Serra do Cipó, at its western slope, on land belonging to Joaquim Português, near the place called Vacaria, in the Riacho Fundo district.

The caves that are currently known in this area are spread near the karst hills located especially where they contact the quartzites of Serra do Cipó. The lithological regional map shows the location of the caves, as well as the limits of the recognized cave areas. As we can see, Pedreira Hill shelters most of the known caves in the area.

Despite the large number of caves near Serra do Cipó’s marble, they are usually not very extensive, extending an average of 33 m. Such fact is possibly associated with the fragmentation of the more extensive older caves due to natural processes, resulting in a large number of small caves. Among the main caves in that area, we can highlight Viola, Teto de Seixos, Salitre, Mata-Capim, Bocaina V and Morcegos.

Viola and Teto de Seixos Caves are the largest caves in the Serra do Cipó area, with an extension of 615 and 500 m, respectively. They are located on the high sectors of Pedreira Hill, approximately 50 m from each other. Those two caves have quite similar morphological characteristics, with rectilinear galleries that intercross at different angles.

The galleries are mostly narrow and high, which indicates a formation along vertical or inclined fractures. In these cases, passages are configured as rectilinear fissures, typically with lenticular cross sections and growing narrower toward the top. The passage’s width is quite a bit less than its height. Viola Cave also features some very large rooms in its interior, which is an exception compared to the other caves in that area.

GRUTA TETO DE SEIXOS

Teto de Seixos Cave

Santana do Riacho, MG

Altitude/ Elevation: 900 m

Projeção horizontal/ Length: 500 m

Desnível/ Depth: 42 m

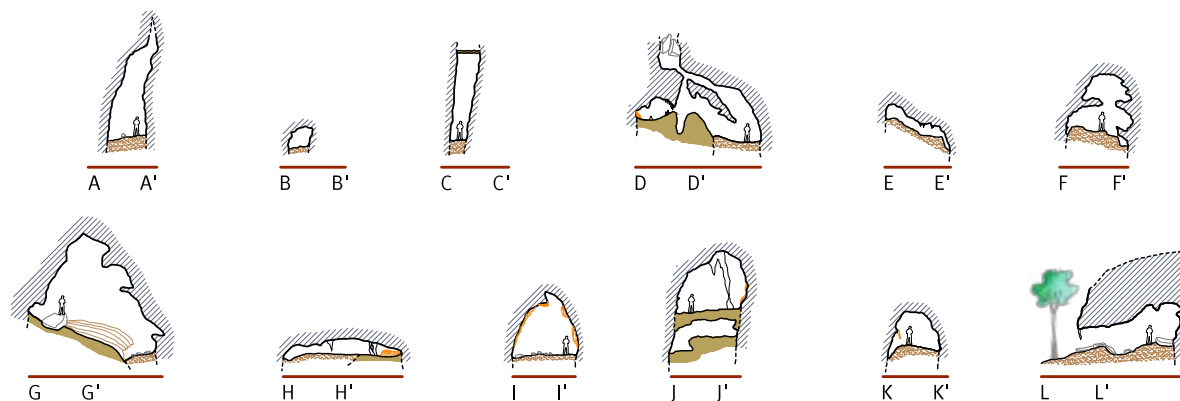
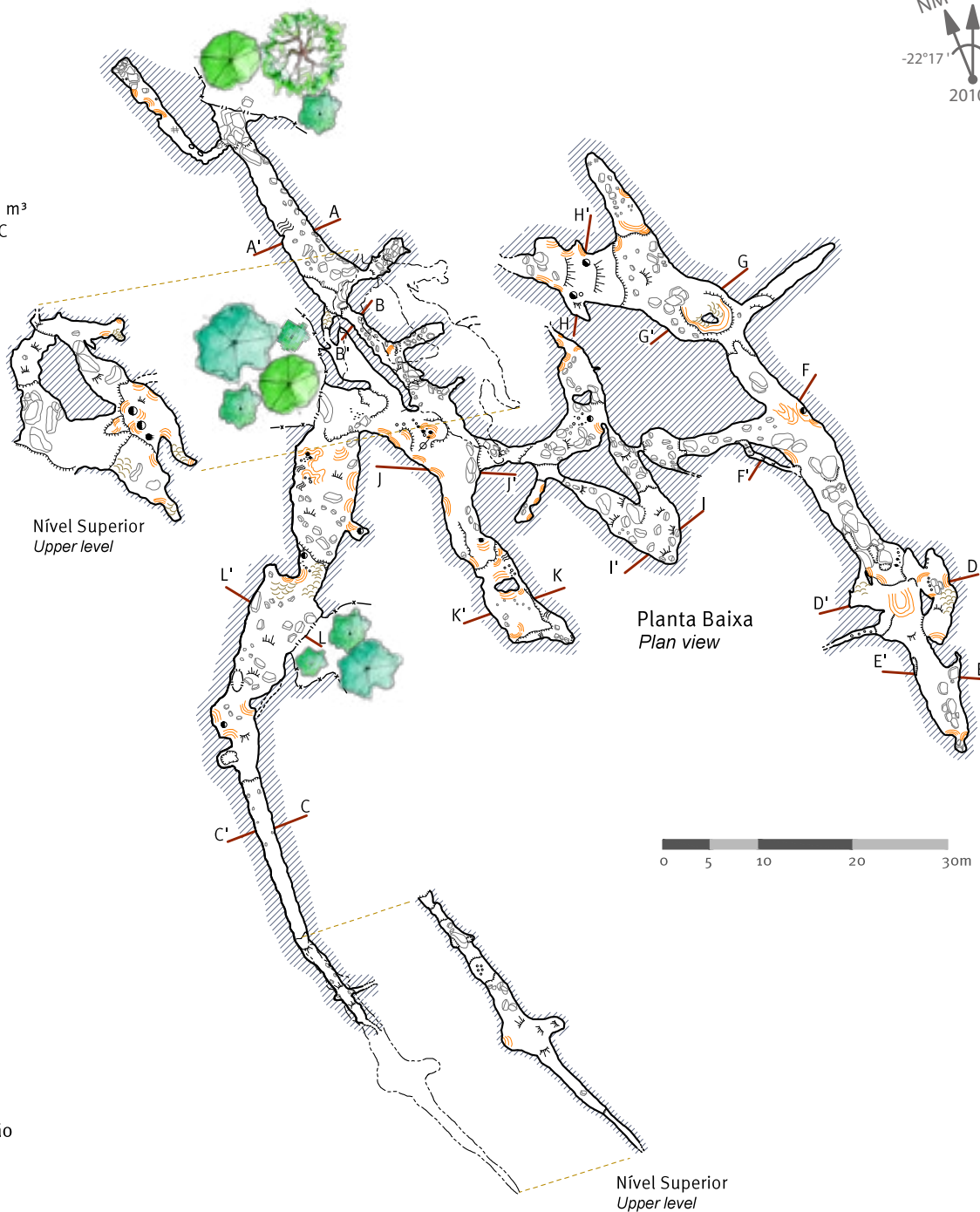
Área/ Area: 1.387 m²

Volume aproximado/ Volume: 5.049 m³

Classificação BCRA/ Survey grade: 4C



- Mármore *Mármore*
Marble
- Sedimento *Sediment*
Sediment
- Capa estalagmítica *Stalagmitic floor*
Stalagmitic floor
- Contorno externo *Outcrop*
Outcrop
- Parede interna *Cave wall*
Cave wall
- Contorno inferido *Inferred wall*
Inferred wall
- Nível superior *Upper level*
Upper level
- Projeção linha d'água *Drip line*
Drip line
- Desnível abrupto *Abrupt slope*
Abrupt slope
- Desnível suave *Gentle slope*
Gentle slope
- Blocos *Breakdown*
Breakdown
- Estalactites *Stalactites*
Stalactites
- Estalagmites *Stalagmites*
Stalagmites
- Coluna *Columns*
Columns
- Cortinas *Curtains*
Curtains
- Escorrimento *Flowstone*
Flowstone
- Travertinos *Rimstone dams*
Rimstone dams
- Espeleotemas caídos *Fallen speleothems*
Fallen speleothems
- A A' *Indicação de perfil / seção*
Profile/ Section indication
- Escala humana h=1,75m *Human scale h=1,75m*
Human scale h=1,75m
- Vegetação *Vegetation*
Vegetation



CAVERNAS EM MÁRMORE



Conduto estreito e alto, formado ao longo de fratura vertical, na Gruta da Viola, Santana do Riacho. AC
Narrow and high passage, formed along vertical joint. Viola cave, Santana do Riacho.

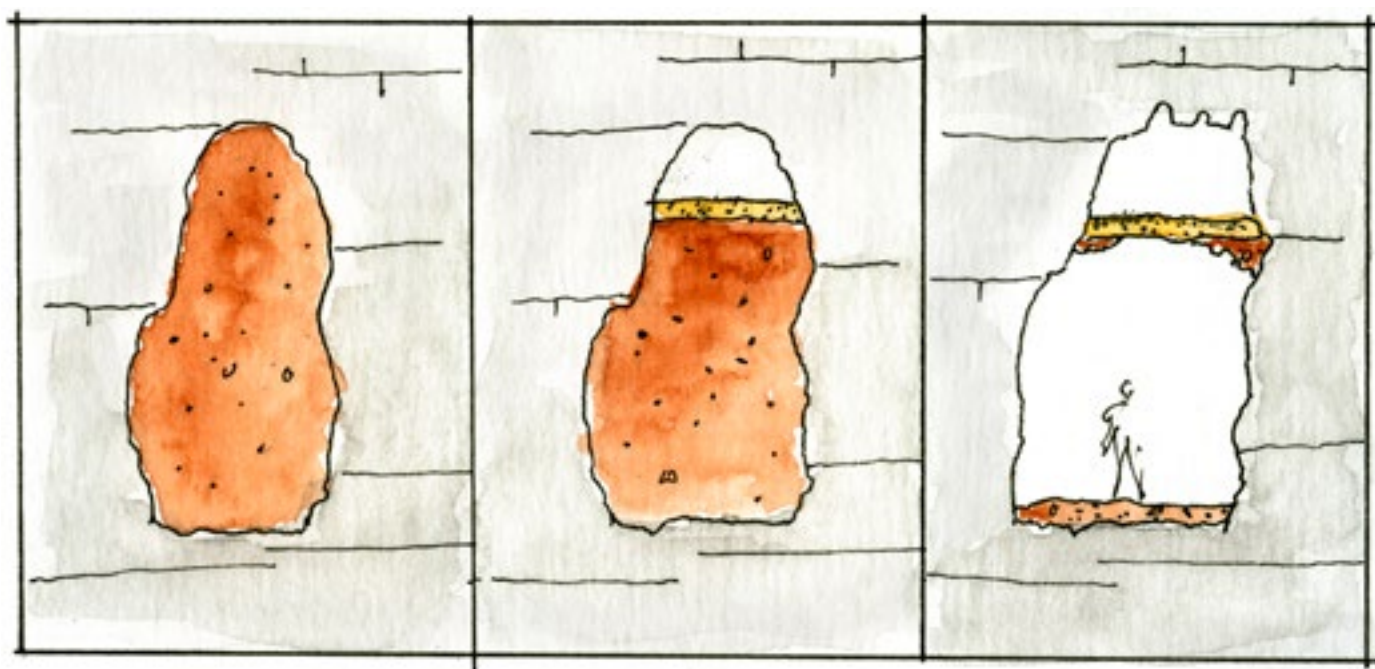
CAVES IN MARBLE



Galeria de morfologia fissural, com paredes e piso parcialmente cobertos por espeleotemas, na Gruta da Viola, Santana do Riacho. AC
Passage with vertical cross section, with walls and floor partially covered with speleothems. Viola cave, Santana do Riacho.

Um dos aspectos mais marcantes em relação à morfologia das Grutas da Viola e Teto de Seixos é a presença de um grande número dos remanescentes de antigos níveis de piso das cavernas (paleopisos). Eles ocorrem quando sedimentos são transportados para o interior das cavernas, formando níveis mais elevados de piso. Quando tais níveis sedimentares são cobertos por escorrimentos de calcita, forma-se uma capa mais resistente à erosão. A posterior remoção dos sedimentos deixa estas capas calcíticas suspensas, formando os paleopisos. Marcas desses níveis são encontradas nas paredes dos condutos em vários trechos dessas cavidades.

One of the most outstanding aspects of the morphology of Viola and Teto de Seixos Caves is the presence of a considerable number of layered paleo cave floors (calcite layers). These occur when sediments are transported inside the caves, forming higher floor layers. When such sedimentary layers are covered by calcite deposits, an erosion-resistant layer is formed. These calcitic layers remain suspended after the removal of sediment, forming the hanging calcite layers. Marks of those layers are found on the passage walls in several sections of these cavities.



Sequência evolutiva de formação de paleopisos: (1) conduto preenchido por sedimentos, (2) remoção, da parte superior dos sedimentos, por água e deposição do paleopiso, (3) nova remoção, da parte inferior dos sedimentos, por água e permanência dos paleopisos, que formam capas mais resistentes. VM

Schematic diagram of the genesis of hanging calcite layers. (1) Cave passage is filled with sediment, (2) partial removal of sediments by water and precipitation of calcite, (3) removal of sediment below the calcite layer by water, leaving more resistant hanging calcite layers.

As Grutas da Viola e Teto de Seixos também se destacam em relação às demais cavernas da Serra do Cipó pelo fato de possuírem entradas abertas em sedimentos cascalhentos, caracterizados por conter grandes blocos de rocha em meio a fragmentos de quartzo e sedimentos argilosos. A esse aglomerado de fragmentos rochosos cimentados por material mais fino dá-se o nome de brecha. Nesses casos, as entradas ocorrem nas partes mais elevadas das cavernas, associadas a claraboias. Como, em geral, as cavernas da Serra do Cipó, desenvolvidas exclusivamente em mármore, possuem apenas uma entrada,

Viola and Teto de Seixos Caves also stand out compared to other caves in Serra do Cipó because they have open entrances in gravel sediment characterized by large rock blocks among quartz fragments and clay sediment. The agglomerate of rock fragments cemented by fine-grained material is known as breccia. In these cases, the entrances are located in the higher sectors of the caves in association with skylights. As the caves in Serra do Cipó exclusively developed in marble usually have only one entrance, Teto de Seixos and Viola Caves also differ in terms of the number of entrances.

CAVES IN MARBLE



Antigos níveis de piso (paleopisos) na Gruta Teto de Seixos, Santana do Riacho. AC
Hanging calcite layers (paleofloors) in Teto de Seixos cave, Santana do Riacho.

as Grutas Teto de Seixos e Viola apresentam mais esse diferencial, em relação ao maior número de acessos ao exterior.

Com relação aos espeleotemas, ambas as cavernas se destacam, especialmente a Gruta da Viola, que apresenta salões e algumas entradas abundantemente ornamentadas pela presença de escorrimentos, estalactites, colunas e estalagmites, especialmente, que chegam a até quatro metros de altura.

Both caves also stand out regarding speleothems, especially Viola Cave, which has rooms and some entrances abundantly decorated by flowstone, stalactites, columns and especially stalagmites that may reach four meters in length.



Na face inferior de paleopisos predominam seixos. Essa feição típica, deu nome à Gruta Teto de Seixos, Santana do Riacho. AC

At the lower side of the hanging calcite later there are pebbles, which gave the name of Teto de Seixos (Pebble Ceiling) cave, Santana do Riacho.

CAVES IN MARBLE



Escorrimentos e cortinas em abundância sob clarabóia, na Gruta da Viola, Santana do Riacho. AC

Abundant flowstone and curtains under skylight. Viola cave, Santana do Riacho.





Locais com presença marcante de espeleotemas na Gruta da Viola, Santana do Riacho. Fotos esquerda e superior: AC. Inferior: LA/VM
Profuse speleothem deposition at Viola cave, Santana do Riacho. Left and upper photos: AC. Lower photo: LA/VM



Outra caverna que se destaca na Serra do Cipó é a Gruta do Salitre, situada na Fazenda da Tenda, em região conhecida como Mato Grande. Apresenta extensão de 350 m, com desnível de 42 m. Sua morfologia também se caracteriza pela ocorrência de condutos retilíneos se entrecruzando, embora o formato das passagens se apresente variado, com presença de algumas passagens tubulares, em formato semicircular, e outras em fenda. De forma geral, os condutos se apresentam mais volumosos em relação às demais cavernas da área.

Assim como nas outras cavernas estudadas, os depósitos sedimentares também estão presentes na Gruta do Salitre, ocupando, até os dias atuais, grande parte da mesma. No passado, chegaram a preencher a maior parte da cavidade, até próximo ao teto. Em algumas porções, esse pacote sedimentar chega a atingir cinco metros de espessura. São encontradas capas de calcita de espessura também considerável sobre esse material.

Another important cave in Serra do Cipó is Salitre Cave, located in Tenda Farm in the area known as Mato Grande. It extends for 350 m, with a depth of 42 m. Its morphology also features intercrossing rectilinear passages, although passage shapes vary widely from tubular and semicircular to fissure. In general, passages are larger when compared to the other caves in the area.

As with the other caves mentioned, sedimentary deposits are also found in Salitre Cave. Currently, they still represent a large part of it. In the past, they filled most of the cave, almost reaching the ceiling. In some sectors, that sedimentary package reaches a thickness of five meters. Very thick calcite layers are also found within that material.



Escorrimentos de calcita quase obstruem uma das entradas da Gruta do Salitre, Santana do Riacho. LA/VM

Calcite flowstone nearly block one of the entrances to Salitre cave, Santana do Riacho.

Destacam-se ainda os sinais de escavação em algumas partes do piso da cavidade, indicando atividade de salitreiros. Outro elemento histórico presente na Gruta do Salitre diz respeito às marcas de picaretas nas brechas situadas nas paredes da mesma. Essas marcas ocorrem em praticamente toda a porção leste da caverna e podem estar associadas a antigas escavações de cunho paleontológico.

Por fim, cabe ressaltar a ocorrência marcante de represas de travertino no piso atual da Gruta do Salitre. Segundo relatos de moradores da região, há poucos anos essas represas estavam totalmente ocupadas por água em determinados períodos do ano. Durante as visitas a essa cavidade, no entanto, esse fato não foi observado.

There are signs of excavation in some parts of the cave floor, which indicates that saltpeter extractors have been active in that area. Another historical element in Salitre Cave concerns the pickaxe marks on the fissures in the walls. These marks can be seen along almost the entire eastern sector of the cave and may be associated with former paleontological excavations.

Finally, it is important to highlight the remarkable occurrence of rimstone dams on Salitre Cave's current floor. According to people who live in the area, these dams were totally filled with water for some periods a few years ago. However, this was not observed during the visits to that cave.



Ampla galeria, com depósitos sedimentares e químicos, na Gruta do Salitre, Santana do Riacho. LA/VM

Large passage with both chemical and clastic sediment deposits. Salitre cave, Santana do Riacho.



Represas de travertinos recobrem o piso de uma das galerias da Gruta do Salitre, Santana do Riacho. LA/VM

Rimstone dams cover the floor of one of the passages of Salitre cave, Santana do Riacho.



A EXPLORAÇÃO ECONÔMICA DAS CAVERNAS BRASILEIRAS

Augusto Auler

Antes vistas pelo homem primitivo e pelos primeiros colonizadores como abrigo, local de sepultamento ou evocação religiosa, a partir do século XVIII as cavernas brasileiras passaram a ser alvo de exploração econômica. A terra contida no interior das cavernas é rica em nitrato de potássio (KNO_3), o salitre. O salitre foi, até o início do século XX, matéria prima importante para a fabricação de pólvora, sendo as cavernas o local mais conveniente realizar sua extração. Desta forma, com as condições impostas pela coroa portuguesa, durante mais de 200 anos ocorreu uma intensa exploração de cavernas com intuito principalmente econômico. Não se tem registros precisos sobre quantas cavernas foram exploradas, mas certamente este número se situa na casa de milhares. São várias em todo o território nacional as cavernas denominadas “Gruta do Salitre”, como em Diamantina ou na Serra do Cipó.

A origem do salitre por muitos anos desafiou a curiosidade de cientistas. Inicialmente acreditava-se que seria formado a partir de reações com o guano de morcegos, um composto rico em potássio. O naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund, em final dos anos 1830, foi o primeiro a desafiar esta teoria. Em seu trabalho sobre as cavernas calcárias da região compreendida entre Curvelo e Lagoa Santa Lund concluiu que o salitre tinha sua origem a partir de águas que adentravam o solo e atravessavam o calcário até chegar ao sedimento da caverna. Neste trajeto absorvia e redepositava os compostos minerais que geravam o salitre. Esta teoria somente foi adotada de forma mais abrangente a partir dos anos 1980. Muitos pesquisadores, ainda no início do século XVIII, descobriram que era possível regenerar a terra extraída das cavernas, bastando recoloca-la na gruta. Após um período variável, estimado entre alguns meses ou anos, a terra voltava a se enriquecer em nitrato, em um processo que poderia ser repetido indefinidamente. Um destes pesquisadores pioneiros foi o naturalista nascido em Diamantina, José Vieira Couto, contratado pela coroa portuguesa ao final do século XVII para estudar os depósitos de salitre nos contrafortes da Serra do Espinhaço. Vieira Couto registrou o paradoxo entre a tranquilidade do ambiente das cavernas e o fim a que se destinava a pólvora em uma passagem marcante:

“...estas cavernas, onde até hoje tem reinado uma profunda paz, e solidão, hum dia serão desfiguradas para dellas se extrahir o branco sal, que nos dias de terror, e no campo da morte, entre nuvens de fumo, e linguas de fogo, irá aumentar a confusão, o horror, e a destruição!” *Lapa Estreito de Pedra/ José Vieira Couto – 1803*¹

Hoje em dia é comum observarmos cavernas com marcas de escavação, com condutos e salas parcialmente esvaziados. Mas nem todas as escavações podem ser atribuídas à extração de salitre. Entre os anos de 1832 e 1844 muitas cavernas calcárias tiveram o sedimento revolvido em busca de fósseis, inicialmente pelo comerciante dinamarquês Peter Claussen e depois por seu compatriota Peter Wilhelm Lund. Um dos locais trabalhados foi a Serra do Cipó, cujas cavernas não revelaram um acervo fóssilífero significativo. A equipe de Lund também removeu volumes significativos de sedimento das cavernas mas, como foi precedida pelos mineradores de salitre, constatou com pesar que muitos dos depósitos fóssilíferos foram perdidos devido ao trabalho sem critério científico dos mineradores.

Posteriormente, a partir da metade do século XIX até início do século XX, algumas cavernas na Chapada Diamantina, prosseguimento na Bahia da Serra do Espinhaço, foram mineradas em busca de diamantes. Ainda hoje é possível observar a audácia destes exploradores que, por vezes, adentravam quilômetros à luz de lamparinas em busca do sonho da riqueza. No interior do nordeste semiárido, cavernas que dão acesso à água também foram (e ainda são) utilizadas para abastecimento hídrico, através da extração manual ou com a instalação de bombas rudimentares.

Nos tempos atuais o valor das cavernas não está necessariamente atrelado a ganhos financeiros e econômicos, mas sim a seu conteúdo ambiental e científico. A exceção são algumas poucas cavernas que apresentam potencial turístico que, se bem exploradas e gerenciadas, podem resultar em uma atividade ao mesmo tempo lucrativa e ambientalmente sustentável.

¹Citação extraída de: Piló & Gomes, As Minas de Salitre: A Exploração econômica das cavernas em Minas Gerais nos fins do Período Colonial. In: Espeleo-Tema, São Paulo, v. 16, p.81-91, 1991.



▲ Retrato de Peter Wilhelm Lund, provavelmente feito a partir de desenho do séc.XIX, Honório Esteves, 1903. DOMÍNIO PÚBLICO
Portrait of Peter Wilhelm Lund, probably based on a drawing from the 19th century, Honório Esteves, 1903.

Prancha com desenhos de fósseis coletados pela equipe de P.W. Lund. Desenho de Peter A. Brandt. DOMÍNIO PÚBLICO
Drawing of fossils collected by P.W. Lund's team. By P.A. Brandt.



A Gruta Bocaina V está situada no morro cárstico de mesmo nome, que se encontra em contato direto com os quartzitos da Serra do Cipó. A caverna possui 339 m de extensão e 13 m de desnível. Sua entrada principal está a cerca de 130 m acima do nível de base local, representado pelo rio Cipó.

A caverna apresenta um padrão morfológico labiríntico, com passagens tubulares que se intersectam sem um direcionamento preferencial, formando circuitos fechados. Os condutos das porções nordeste e leste possuem formato tubular, indicando maior controle das estruturas horizontalizadas da rocha no desenvolvimento dessa caverna. Os demais setores encontram-se bastante abertos, devido a abatimentos de blocos provenientes do teto. Em relação aos espeleotemas, a Gruta da Bocaina se destaca pela ocorrência de várias colunas em seus salões, especialmente junto à entrada leste.

A Gruta da Bocaina V é percorrida por curso fluvial temporário. A origem da drenagem localiza-se nos quartzitos da serra, o que resulta em aporte de sedimentos, em sua maioria de quartzo, tamanho seixo e calhau, além de material fino argiloso e orgânico para o interior da cavidade. No período das chuvas, a drenagem inunda totalmente parte do conduto que adentra a cavidade.

Bocaina V Cave is located on its namesake karst hill, which is in direct contact with the quartzites of Serra do Cipó. The cave has an extension of 339 m and a depth of 13 m. Its main entrance is approximately 130 m above the local base level represented by the Cipó River.

The cave has a maze morphology with tubular passages that intercept each other with no preferential direction, forming loops. The passages in the northeastern and eastern sectors are tubular, which indicates control by the horizontal rock structures in the development of this cave. The other sectors are quite large due to ceiling collapse. In terms of speleothems, Bocaina Cave stands out for the several columns in its rooms, especially near the eastern entrance.

Temporary drainage flows along Bocaina V Cave. The origin of the drainage is located in the quartzites of the hill, which results in the contribution of sediments, mostly pebble and flintstone size quartz in addition to clay and organic fine-grained material, to the interior of the cave. During the rainy season, the drainage totally floods the part of the passage through which it enters the cave.



Coluna próxima à entrada da Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. AC
Column close to the entrance of Bocaina V cave, Santana do Riacho.



Área de morfologia labiríntica, na Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. AC
Area with maze morphology, Bocaina V cave, Santana do Riacho.



Conduto do rio parcialmente obstruído por belo conjunto de espeleotemas, na Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. LA/VM
River passage partially blocked by scenic speleothems. Bocaina V cave, Santana do Riacho.



Passagens de forma tubular, em área de morfologia labiríntica, na Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. LA/VM

Tubular passages in maze area. Bocaina V cave, Santana do Riacho.



Ampla entrada, com grande bloco abatido do teto, na Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. AC

Large entrance, with a fallen breakdown boulder. Bocaina V cave, Santana do Riacho.



Conjunto de colunas, depositadas sob fraturas transversais à impressionante dobra no teto da Gruta da Bocaina V, Santana do Riacho. LA/VM

Columns deposited under joints perpendicular to the remarkable fold at the ceiling. Bocaina V cave, Santana do Riacho.

A Gruta dos Morcegos se situa próximo à base do Morro da Pedreira e possui 168 m de extensão, com 23 m de desnível. Os dois salões presentes nessa cavidade, situados no extremo nordeste e sudoeste, correspondem a ocorrências pouco comuns nas cavernas da região, representando, portanto, sua principal característica.

O grande salão existente em sua porção nordeste possui desenvolvimento associado à queda de lascas do teto, em função da infiltração de água a partir de fraturas verticalizadas, originando grandes blocos abatidos. A infiltração mencionada provém de águas de chuva a partir do topo do maciço cárstico.

Morcegos Cave is located near the base of Pedreira Hill. It extends 168 m with a depth of 23 m. The two rooms in this cave are located in the extreme northeastern and southeastern sectors, and they correspond to occurrences that are uncommon in caves in the area.

The development of the large room in its northeastern sector is associated with the collapse of slabs from the ceiling due to water seepage from vertical fractures. This created large collapsed blocks. The above-mentioned seepage is a result of rainwater from the top of the karst rock mass.



Ampla sala de entrada da Gruta dos Morcegos, com expressivo conjunto de espeleotemas, Santana do Riacho. AC

Large entrance chamber of Morcegos cave, with a significant occurrence of speleothems, Santana do Riacho.

A Gruta Mata-Capim II se localiza ao alto e no setor norte da Serra do Cipó, na região da Lapinha. Possui cerca de 350 m de extensão e 10 m de desnível. Em conjunto com a Gruta Mata-Capim I, representa o trajeto subterrâneo do Córrego Mata-Capim.



Volumosa sala, com piso coberto por amplo desmoronamento, na porção nordeste da Gruta dos Morcegos, Santana do Riacho. AC

Large chamber, with floor filled with breakdown in the northeastern sector of Morcegos cave, Santana do Riacho.

Mata-Capim II Cave is located on the top of the northern sector of Serra do Cipó in the Lapinha area and extends 350 m with a depth of 10 m. Together with Mata-Capim I Cave, it represents the underground route of Mata-Capim Creek. These caves are

Essas cavernas se encontram divididas por uma dolina de colapso, formando um sistema, devido à conexão das duas cavernas por um curso d'água.

A Gruta Mata-Capim II é a ressurgência do rio de mesmo nome e se caracteriza por um amplo conduto, com 15 m de largura, em média, e altura, comportando o rio junto à parede direita. A porção final da caverna, a montante, apresenta uma zona de colapso, caracterizada pela presença de inúmeros blocos, obstruindo quase totalmente a galeria. Boa parte da porção mapeada da caverna tem sua direção controlada por falha que coloca em contato o mármore e o quartzito, sendo a única caverna da região que apresenta tal característica. As galerias são inclinadas de acordo com o plano de falha, sendo que a parede sul corresponde à face quartzítica.

Em alguns locais da caverna são observadas projeções de sílica preenchendo as fraturas devido à dissolução diferencial da rocha carbonática. O piso da caverna é constituído predominantemente por seixos de quartzo, além de areia. Nas margens dos cursos d'água geralmente ocorrem terraços, com cerca de um metro de altura.

divided by a collapse doline, and they form a system because both caves are connected by the drainage.

Mata-Capim II Cave contains the resurgence of its namesake river, and it features a passage with an average width and height of 15 m, having the river near its right wall. The final sector of the cave upstream has a collapse area that is characterized by several blocks that almost completely obstruct the gallery. A good part of the cave's mapped sector has its direction controlled by a fault that puts marble and quartzite in contact; it is the only cave in the area with this characteristic. The galleries are inclined according to the fault plan, and the southern wall corresponds to the quartzitic side.

Silica projections that fill the fractures due to the differential dissolution of the carbonatic rocks are seen in some locations of the cave. The cave floor is mainly made of quartz pebble and sand, and there are often 1-meter high terraces at the margins of the watercourses.



Terraços fluviais na Gruta Mata-Capim II, Santana do Riacho. LA/VM

Fluvial terraces in Mata-Capim II cave, Santana do Riacho.



Gruta Mata-Capim II, formada no contato entre mármore (parede direita) e quartzito (parede esquerda), Santana do Riacho. LA/VM

Mata-Capim II cave, formed in the contact between the marble (right wall) and the quartzite (left wall), Santana do Riacho.

A gênese e evolução das cavernas

As cavernas em mármore da Serra do Cipó apresentam padrão e formato de galerias relacionados às estruturas das rochas, sendo particularmente influenciadas pelos planos de fraturas verticalizados. Estes funcionaram como guias para a água subterrânea responsável pelo início da formação dessas cavidades, controlando, assim, o direcionamento das galerias, principalmente na direção noroeste-sudeste, bem como o formato em fenda de suas paredes, como nas Grutas da Viola e Teto de Seixos. Planos horizontalizados também exerceram influência no desenvolvimento de algumas cavidades, o que resultou em cavernas de teto regular mais aplainado e em formas mais circulares das passagens, como nas Grutas Bocaina V e do Salitre.

Dois aspectos ambientais dessa região também exerceram possivelmente grande influência sobre a origem dessas cavernas. Um deles corresponde à origem alogênica dos fluxos locais, ou seja, esses são predominantemente provenientes das áreas não carbonáticas do entorno, como quartzitos. Esse tipo de drenagem, ao adquirir acidez, tende a dissolver com maior facilidade o mármore. O segundo fator relaciona-se ao grande desnível imposto pelo escarpamento de contato com a Serra, favorecendo a rápida penetração das águas no sistema cárstico.

Também não pode ser descartado o papel dos sedimentos sobre a evolução das cavernas da Serra do Cipó. Depósitos de variadas composições e tamanhos chegaram a preencher várias das cavernas da área, influenciando na formação do teto de algumas delas sob sedimentos, como na Gruta da Viola, bem como em processos de dissolução ocorridos acima dos sedimentos que preenchiam a passagem, ampliando galerias, como na Gruta Bocaina V.

Cave genesis and evolution

The morphology of passages related to the structure of the rocks in the marble caves in Serra do Cipó are particularly influenced by the vertical fracture plans. They worked as guides for the underground water at the beginning of cave formation, thus controlling the direction of the galleries, especially the northeast-southeast direction, as well as the fissure shape of its passages as in Viola and Teto de Seixos Caves. Horizontal plans also influenced the development of some caves and resulted in a regular flattened ceiling and in circular shaped passages as in Bocaina V and Salitre Caves.

Two environmental aspects of that region possibly had considerable influence over the origin of those caves. One of them corresponds to the allogenic origin of local flows, that is, they come predominantly from the surrounding non-carbonate areas such as quartzite. This water tends to become more acidic, increasing the potential for dissolving the marble. The second factor is related to the significant depth imposed by the contact between the higher quartzite and the lower marble, which favors the quick penetration of water in the karst system.

The role of sediment in the evolution of caves in Serra do Cipó also cannot be ignored. Deposits of different compositions and sizes once filled many of the caves in the area, influencing the development of the ceilings of some of them under sediment, such as Viola Cave, as well with the dissolution processes that took place above the sediment and filled the passage and enlarged the galleries, as in Bocaina V Cave.

CAVERNAS EM QUARTZITO

Caves in Quartzite

Fabiana Fabri e Ataliba Coelho



Cavernas em quartzito

O quartzito é a rocha mais frequente na Serra do Espinhaço. Inúmeras cavernas quartzíticas nessa litologia têm sido identificadas ao longo de toda a Serra, incluindo algumas das maiores e mais importantes do país. Essas cavernas apresentam um notável acervo de grande valor paisagístico, cultural e científico.

Neste capítulo abordaremos diferentes regiões da Serra do Espinhaço, localizadas nos municípios de Diamantina, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro, que se destacam pelo rico patrimônio espeleológico.

As cavernas quartzíticas nos contextos geológico e geomorfológico

O quartzito é uma rocha resistente ao intemperismo, que se resalta na belíssima paisagem da Serra do Espinhaço. É composto predominantemente por quartzo, mas também podem ocorrer minerais mais solúveis, como a muscovita, a sericita, entre outros. No contexto da Serra do Espinhaço, trata-se de rochas metamórficas e de origem sedimentar depositadas em ambientes continentais e marinhos rasos, a partir de 1,7 bilhão de anos atrás¹. Essas rochas, originalmente compostas por grãos de areia e argila depositados em antigas bacias, sustentam hoje as partes mais elevadas do relevo.

Na Serra do Espinhaço são encontrados diferentes tipos de quartzitos, com idades e composição mineral distintas. Nesse caso, essas rochas podem variar segundo o seu grau de pureza, podendo haver maior ou menor quantidade de minerais mais solúveis do que o quartzo em sua composição. Juntamente com outros tipos de rocha, os quartzitos estão agrupados em várias unidades geológicas.

Caves in Quartzite

Quartzite is the most common rock in Espinhaço Range. Several caves have been identified along the entire range, including some of the largest and more important ones in the country. Those caves have a remarkable heritage with scenic, cultural and scientific value.

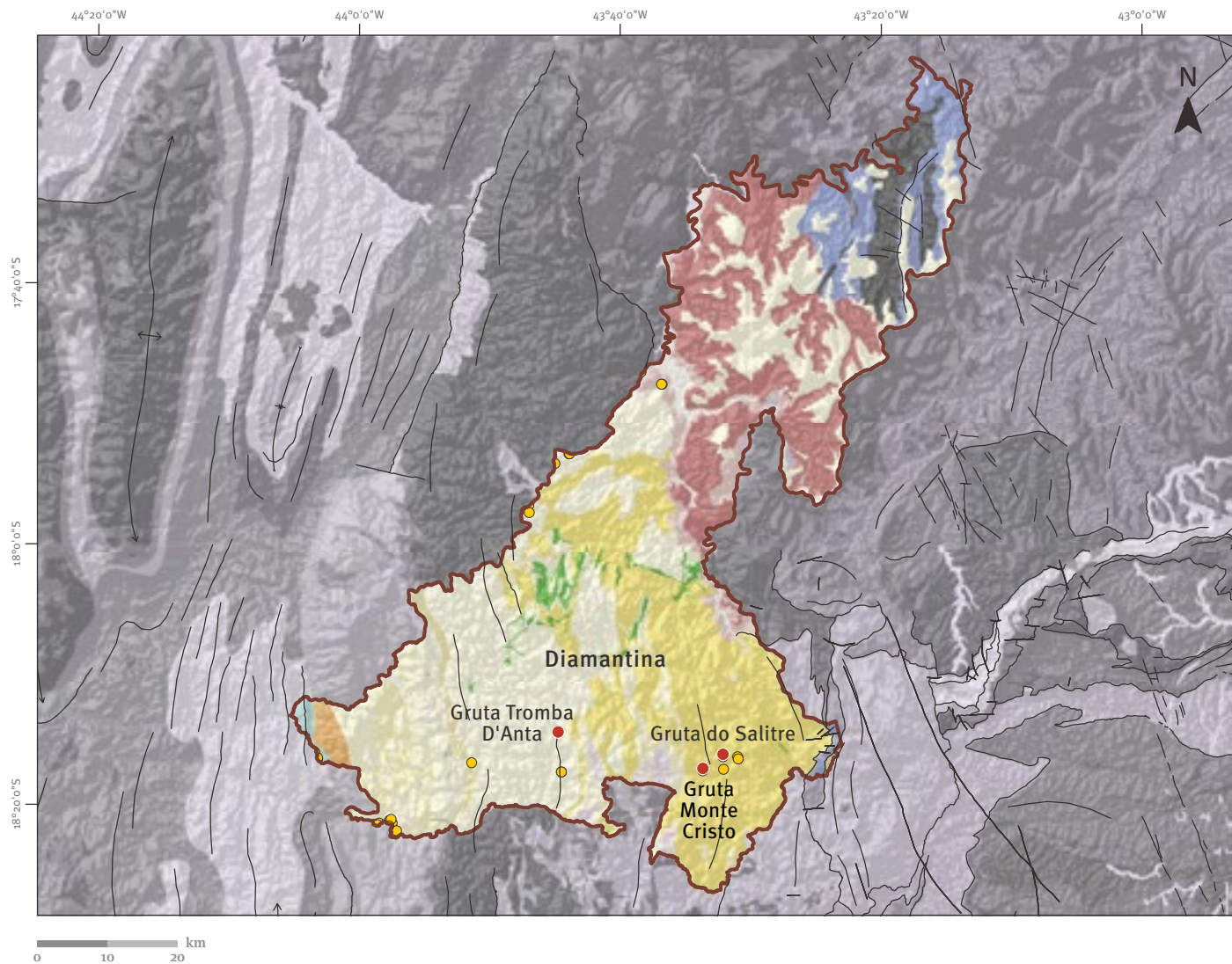
This chapter will discuss different areas of Espinhaço Range located in the cities of Diamantina, Morro do Pilar and Itambé do Mato Dentro that are remarkable for their rich speleological heritage.

Quartzite caves in the geological and geomorphological contexts

Quartzite is a weathering-resistant rock that stands out in the beautiful scenery of Espinhaço Range. It predominantly consists of quartz, but there may also be more soluble minerals such as muscovite and sericite, among others. Quartzite is a sedimentary rock that was deposited in a continental and shallow marine environment over 1.7 billion years ago¹. That rock originally consisted of clay and sand grains deposited in ancient basins, and it now supports higher parts of the landscape.

Different types of quartzite of different ages and mineral composition are found in Espinhaço Range. Those rocks may vary according to their level of purity, and there may be more or less soluble mineral in their composition compared to quartz. Together with other types of rocks, they are grouped into several geological units.

GEOLOGIA DOS MUNICÍPIOS DE DIAMANTINA, MORRO DO PILAR E CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO



- Cavernas em destaque
Main caves
- Cavernas
Caves
- Lineamentos estruturais
Structural lineaments
- ▭ Limites municipais
Municipal boundary

Sistema de Coordenadas Geográficas
Meridiano Central 45° WGr
Datum Horizontal SAD'69

UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS

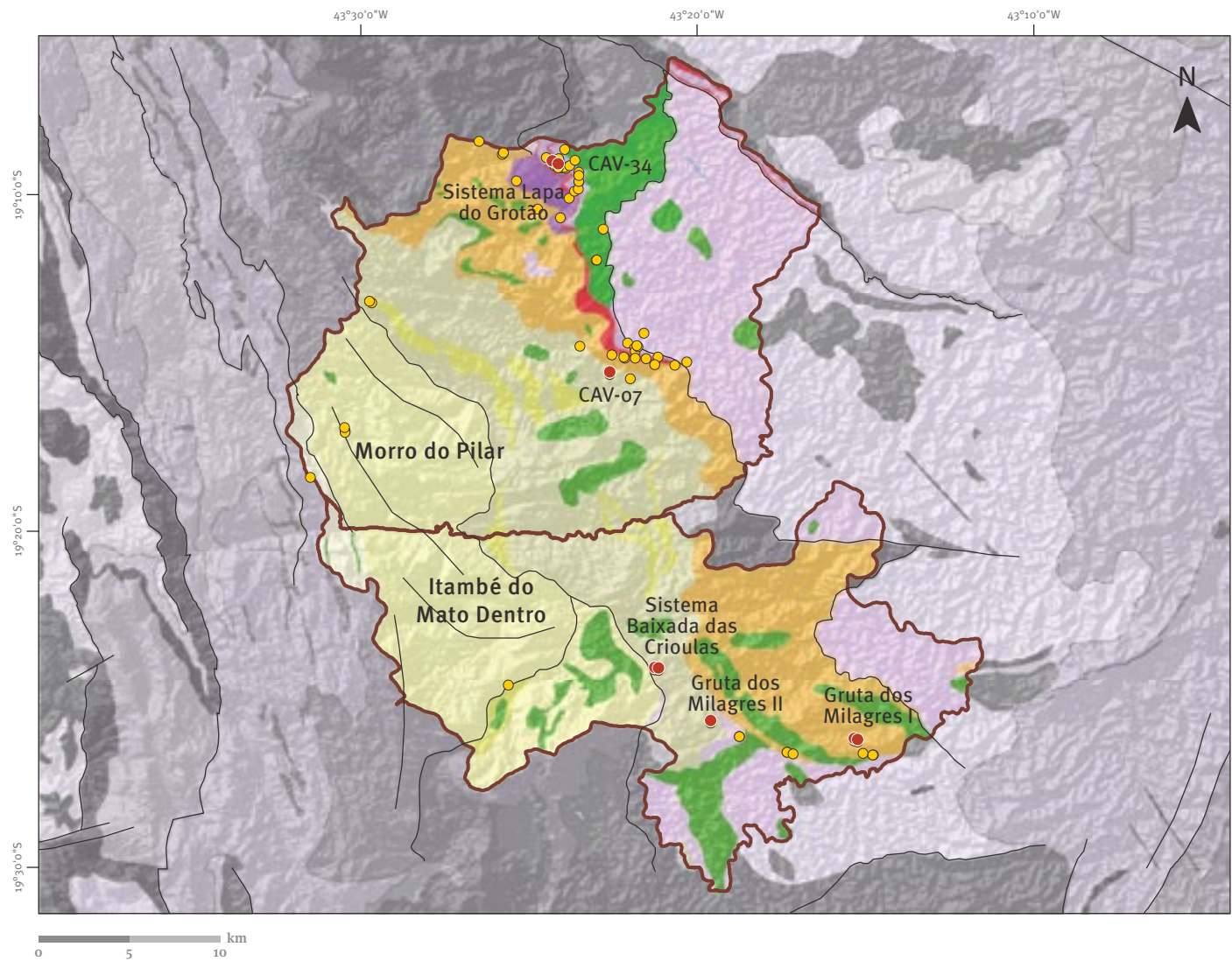
CENOZÓICO
CENOZOIC

- Depósitos Aluvionares
- Coberturas Detrito-lateríticas Ferruginosas

NEOPROTEROZÓICO
NEOPROTEROZOIC

- Formação Lagoa do Jacaré
- Formação Serra do Catuni
- Grupo Macaúbas
- Formação Chapada Acauã
- Formação Duas Barras
- Formação Domingas
- Soleiras e Diques Máficos

GEOLOGY OF THE MUNICIPALITIES OF DIAMANTINA, MORRO DO PILAR AND CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO



MESOPROTEROZÓICO - SUPERGRUPO ESPINHAÇO
MESOPROTEROZOIC - ESPINHAÇO SUPERGROUP

- Formação Rio Pardo Grande
- Formação Córrego Pereira
- Formação Córrego Bandeira
- Formação Córrego dos Borges
- Formação Santa Rita
- Formação Galho do Miguel
- Unidade Serra do Lobo
- Unidade Rio Preto Nível Fosfatado
- Unidade Rio Preto
- Unidade Itambé do Mato Dentro
- Formação Sopa-Brumadinho
- Formação São João da Chapada

MESOPROTEROZÓICO
MESOPROTEROZOIC

- Unidade Conceição do Mato Dentro

MESO/PALEOPROTEROZÓICO
MESO/ PALEOPROTEROZOIC

- Serra da Serpentina, Filito
- Serra da Serpentina, Itabirito
- Serra da Serpentina, Xisto

ARQUEANO
ARCHEAN

- Grupo Costa Sena
- Sequência Vulcano-Sedimentar Rio Mata Cavalo
- Complexo Cristalino

São nos quartzitos do Supergrupo Espinhaço que estão inseridas as principais cavernas abordadas neste capítulo. No entanto, nos limites orientais da serra, alguns quartzitos com intercalações de outros tipos de rocha, pertencentes ao Grupo Serra da Serpentina, também abrigam cavernas.

As variações na composição mineralógica dos quartzitos exercem influência no grau de resistência do material frente às intempéries que, por sua vez, refletem nas formas de relevo da Serra do Espinhaço. Isso possivelmente representa um fator de influência no desenvolvimento de cavernas na região.

No passado, movimentos tectônicos dobraram, romperam, empurraram e empilharam as camadas de rocha ao longo da evolução da Serra do Espinhaço. Em diversos locais é possível observar testemunhos dessa evolução, seja na forma de cristas com escarpas inclinadas a verticais, cânions profundos ou mesmo no arranjo inclinado e enrugado das resistentes camadas que afloram nas superfícies sustentadas pelos quartzitos. O Pico do Itambé, ponto culminante da Serra do Espinhaço (com 2.062 m de altitude) ², a cerca de 30 km de Diamantina, é um bom exemplo da resistência dessa rocha frente ao intemperismo.

The caves addressed in this chapter are inserted in the quartzites of Espinhaço Supergroup. However, some quartzites at the eastern limits of the range containing intercalations with other types of rocks and belonging to the Serra da Serpentina Group also display caves.

The variations in the mineralogical composition of quartzites influence the degree of material strength in the face of the weathering of Espinhaço Range's landscape. It could also possibly represent a factor in the development of caves in the area.

In the past tectonic movements folded, broke, thrust and piled rock layers along the evolution of Espinhaço Range. It is possible to see several tectonic-related landforms both in the form of crests with inclined-to-vertical ridges, deep canyons or even in the inclined and wrinkled arrangement of the resistant layers that outcrop on the surfaces supported by quartzites. Itambé Peak, the highest point of Espinhaço Range (with an altitude of 2,062 m) ² located approximately 30 km from Diamantina, is a good example of the resistance of this rock to weathering.

Afloramentos quartzíticos escarpados com o Pico do Itambé ao fundo, Serro. *Quartzite outcrops, with Itambé peak at distance, Serro.* LA/VM





Afloramentos rochosos na Serra da Serpentina, Conceição do Mato Dentro. *Outcrops in Serpentina ridge, Conceição do Mato Dentro.* LA/VM

Amplas superfícies aplainadas ocorrem entre afloramentos quartzíticos escarpados. Elas são bastante recorrentes na paisagem da Serra e podem ser observadas em vários locais no entorno de Diamantina, nas proximidades do povoado de Lapinha da Serra, que fica no município de Santana do Riacho, entre outros. Nesse contexto, são conhecidas várias cavernas, cujas entradas estão associadas à borda de escarpas como, por exemplo, a Gruta Tromba D'Anta, localizada na serra homônima.

Os sistemas de falhas, dobras e fraturas resultantes de uma evolução conturbada, não apenas influenciaram as formas que hoje vemos na paisagem da Serra do Espinhaço, como também potencializaram a formação de vazios subterrâneos, ao facilitar a infiltração e percolação da água pluvial para o interior da rocha. São por meio desses planos de fraqueza, denominados planos estruturais, que os processos químicos agem com mais eficiência, aumentando a permeabilidade do maciço rochoso em profundidade e promovendo o desenvolvimento de vazios subterrâneos. Esse mecanismo parece ser especialmente importante para o processo de formação de cavernas em quartzitos, por se tratar de rochas mais resistentes à dissolução.

Large, flat and sandy surfaces occur between quartzite outcrops. They recur quite frequently in the scenery of the range, and they can be seen in several locations around Diamantina, such as near the village of Lapinha da Serra in the municipality of Santana do Riacho, among others. In that context, several caves whose entrances are associated with the edge of ridges such as, for example, Tromba D'Anta Cave located in its namesake ridge, are known.

Fault, fold and fracture systems resulting from a disturbed evolution not only influenced the landscape that can currently be seen in the Espinhaço Range but also favored the creation of voids by easing rainwater seepage and percolation inside the rock. Chemical processes operate more effectively through these weaknesses, called structural plans, increasing the permeability of the rock mass in depth and promoting the development of voids. That mechanism appears to be especially important for the genesis of caves in quartzite because the rock itself is more resistant to dissolution.



Superfície aplainada entrecortada por cristas quartzíticas nas proximidades de Lapinha da Serra, Santana do Riacho. AC
Flat surface surrounded by quartzite ridges near Lapinha da Serra, Santana do Riacho.



No primeiro plano destaca-se a superfície aplainada e ao fundo uma crista quartzítica com visíveis dobras, Diamantina. AC

Flat surface with folded quartzite ridge at the background, Diamantina.

Na borda oriental da Serra do Espinhaço os afloramentos residuais de quartzito são entrecortados por superfícies de inclinação mais suave. Na porção sudeste da Serra, onde se localizam os municípios de Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro, os afloramentos quartzíticos dão lugar a uma superfície colinosa típica de áreas em que ocorrem rochas ígneas (formadas pela consolidação devido ao resfriamento do magma) e metamórficas. Nesse relevo, as cavernas são ocorrências raras.

Along the eastern edge of the Espinhaço Range, it is also common to see residual quartzite outcrops cut by smoother inclined surfaces. To the southeastern sector of the range, where the cities of Morro do Pilar and Itambé do Mato Dentro are located, the quartzitic outcrops make space for a hilly surface that is typical of areas where there are igneous (formed by consolidation due to magma cooling) and metamorphic rocks. Caves are rare in that landscape.



Afloramentos quartzíticos na região de Itambé do Mato Dentro, em contraste com o relevo de colinas. LA/VM
Quartzite ridges in the Itambé do Mato Dentro area are in a marked contrast with the more lower surfaces.



As cavernas

Na região de Diamantina, algumas cavernas foram, historicamente, utilizadas para a exploração de salitre e para atividades de garimpo de diamantes. As mais conhecidas na região são a Gruta do Salitre, a Gruta Monte Cristo e a Gruta Tromba D'Anta. Essas cavernas, entre outras da região, se localizam em áreas topograficamente elevadas da Serra do Espinhaço, com cotas altimétricas acima de 1000 m e relevo acidentado.

Em Morro do Pilar são conhecidas pelo menos 40 cavernas quartzíticas, a maior parte com extensão inferior a 100 m. Com altitudes entre 580 e 900 m, essas cavernas estão localizadas na base de paredões rochosos, no interior de dolinas e até em depósitos de tálus (grandes concentrações de blocos depositados na base de encostas), em geral, próximos das drenagens.

Algumas cavernas quartzíticas de Morro do Pilar estão em contato com outro tipo de rocha, como o itabirito (tema abordado no capítulo sobre cavernas em rochas ferríferas), filito e xisto.

No município de Itambé do Mato Dentro foram identificadas 11 cavernas em quartzito, inseridas em afloramentos menores e dispersos na paisagem, embora haja uma concentração na Serra Cabeça de Boi. Diferentemente do que se observa na região de Diamantina, as cavernas de Itambé do Mato Dentro ocorrem em terrenos relativamente menos acidentados e com altitudes baixas a intermediárias. Estudos realizados nessa região concluíram que as áreas mais elevadas e acidentadas parecem não ser favoráveis à formação de cavernas por apresentarem quartzitos mais resistentes à dissolução.

A seguir, serão descritas as principais cavernas em quartzito localizadas nos municípios de Diamantina, Morro do Pilar e Itambé do Mato Dentro. A gênese dessas cavidades pode ser atribuída a uma conjunção de fatores interligados. Entre esses, destaca-se a presença de minerais mais solúveis que o quartzo no pacote rochoso, como mica, feldspato, além de óxidos e hidróxidos de ferro. Também destacam-se falhas, fraturas e dobramentos, e a própria foliação da rocha, que facilitam a infiltração e percolação hídrica no interior do maciço.

Caves

In the area of Diamantina, some caves were historically used for the exploration of saltpeter and diamond. The best known ones in the area are Salitre, Monte Cristo and Tromba D'Anta Caves. Those caves, among others in the area, are located in the topographically high areas of Espinhaço Range, with elevations above 1000 m and in rugged terrain.

At least 40 quartzite caves are known in Morro de Pilar, most with a length of less than 100 m. These caves are located at an elevation between 580 and 900 m on the base of cliffs, inside dolines and even in talus deposits (large concentrations of blocks deposited on the base of slopes), usually near drainages.

Some quartzite caves in Morro do Pilar are in contact with other types of rocks such as itabirite (addressed in the chapter on caves in iron rock), phyllite and schist.

A total of 11 caves in quartzite inserted in smaller outcrops and scattered around were identified near Itambé do Mato Dentro, although there is a concentration on Cabeça de Boi Ridge. Unlike what is seen in the area of Diamantina, the caves in Itambé do Mato Dentro are located in less rugged areas at low to intermediate altitudes. Studies concluded that higher and more irregular areas seem not to favor the formation of caves because they contain dissolution resistant quartzites.

The main quartzite caves located in the cities of Diamantina, Morro do Pilar and Itambé do Mato Dentro are described below. The genesis of these caves can be attributed to a series of interconnected factors. We can highlight among them the presence of minerals that are more soluble than quartz in the rock package such as mica, feldspar and iron oxides and hydroxides. The presence of faults, fractures and folds as well as rock foliation, which eases seepage and hydric percolation inside the rock mass, also play a role.



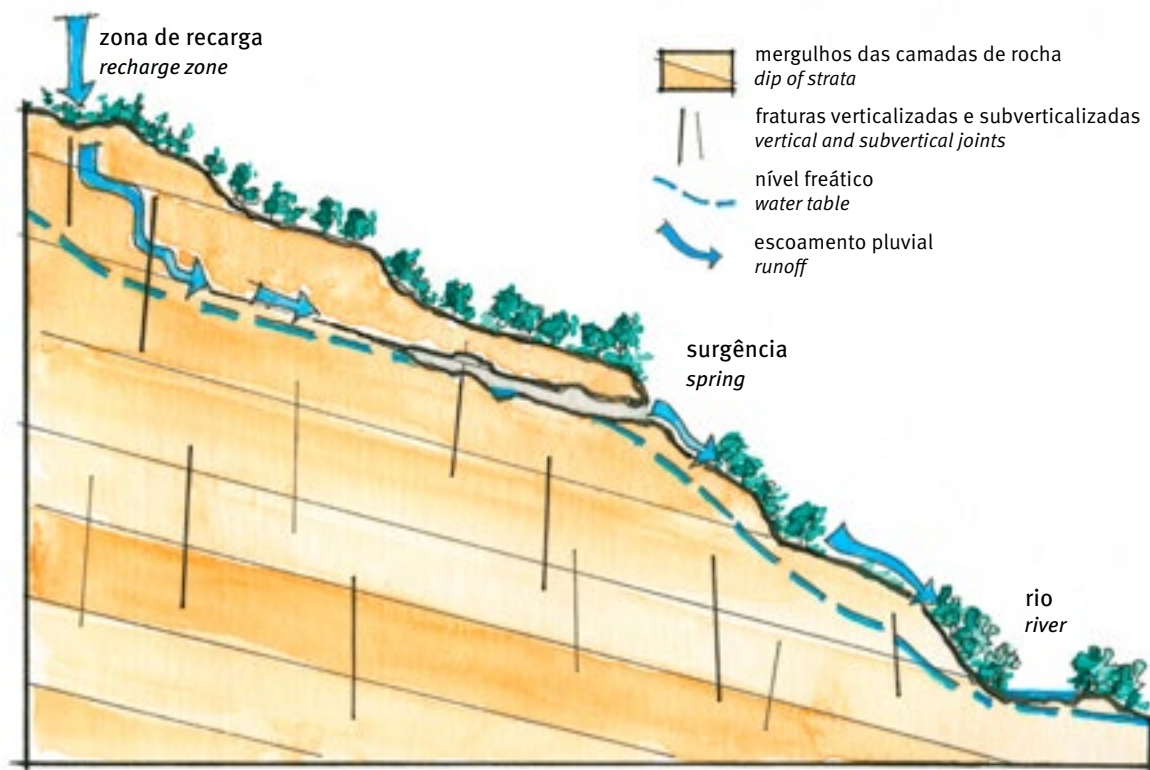
Entrada da Gruta Tromba
D'Anta, Diamantina. LA/VM

*Entrance of Tromba D'Anta
cave, Diamantina.*

Quando os planos de fraturas e, sobretudo quando as camadas das rochas apresentam inclinações concordantes com a morfologia das vertentes, o processo de formação de cavernas pode ser facilitado, sendo mais eficiente a remobilização do material residual da rocha, alterado pela atuação química da água.

When fracture plans and especially when rock layers match the inclination of the slope morphology, the cave formation process may be made easier. It becomes more efficient to remobilize rock residual material that has been weathered by chemical reactions with the water.

ESQUEMA DA CIRCULAÇÃO HÍDRICA EM MACIÇOS QUARTZÍTICOS RELACIONADA À FORMAÇÃO DE CAVERNAS
SCHEMATIC REPRESENTATION OF HYDROLOGICAL CIRCULATION IN QUARTZITE OUTCROPS RELATED TO CAVE GENESIS



O mergulho das camadas de rocha e as fraturas favorecem a circulação de água, e a consequente remoção de material rochoso entre a zona de recarga e as surgências. VM
Dip of the rocks and joints favor water circulation and removal of eroded material from the recharge zone to the spring.

Cavernas da região de Diamantina

A maioria das cavernas de Diamantina pode ser considerada pequena, possuindo entre 5 e 50 m de extensão. As maiores cavernas registradas, até o momento, na região são a Gruta do Salitre (668 m)³, a Gruta Monte Cristo (216 m) e a Gruta da Extração (387 m)⁴. A Gruta Tromba D'Anta possivelmente supera em extensão essas outras, no entanto, ainda não foi mapeada.

Grande parte das cavernas conhecidas no município apresenta gotejamento, condensação e drenagens perenes e temporárias. No interior das cavidades é possível perceber feições de dissolução resultantes da circulação hídrica.

Caves in the area of Diamantina

Most of the caves in Diamantina can be considered small, extending between 5 and 50 m. The largest caves currently registered in the area are Salitre Cave (668 m)³, Monte Cristo Cave (216 m) and Extração Cave (387 m)⁴. Tromba D'Anta Cave is possibly larger than the others, but it has not yet been mapped.

Many of the caves known in this area feature perennial and temporary drainage. It is possible to notice dissolution landforms resulting from hydric circulation.

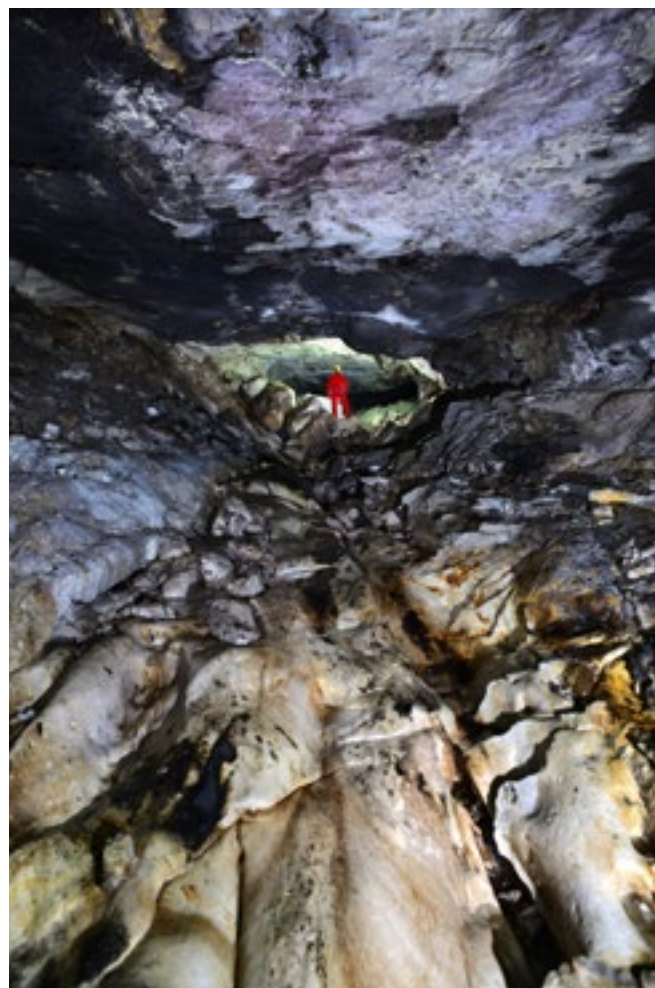


Curso d'água na Gruta Tromba D'Anta, Diamantina. *Drainage in the interior of Tromba D'Anta cave, Diamantina.* LA/VM



Local de intenso gotejamento e percolação hídrica na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Area presenting intense water percolation and dripping in Salitre cave, Diamantina.



Drenagem temporária na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Temporary drainage in Monte Cristo cave, Diamantina.

Não se observa uma morfologia bem definida entre as principais cavidades identificadas em Diamantina. No entanto, é possível notar, que a Gruta do Salitre, a Gruta da Extração, a Gruta Monte Cristo, a Gruta Curralinho e a Lapa do Inferno apresentam alguns condutos retilíneos, condicionados por fraturas, demonstrando a importância do condicionamento estrutural para a gênese dessas cavernas⁵.

De forma geral, as cavernas da região apresentam condutos com seções transversais de diferentes morfologias, entre elas podemos destacar as formas retangular e elíptica horizontais, que representam indícios de influência das camadas das rochas como planos de desenvolvimento preferencial das cavidades. O teto e o piso tendem a ser horizontais ou suavemente inclinados, devido ao baixo ângulo de inclinação das camadas rochosas, que por sua vez podem ser concordantes com a inclinação da vertente. Os salões mais amplos tendem a apresentar maiores concentrações de blocos abatidos, e comumente se observam desmoronamentos na zona de entrada das cavidades⁶.

A well-defined morphological pattern is not seen among the main caves identified in Diamantina. However, it is possible to notice that Salitre Cave, Extração Cave, Monte Cristo Cave, Curralinho Cave and Lapa do Inferno Cave have rectilinear sections conditioned by fractures, which demonstrates the importance of structural factors for the genesis of those caves⁵.

In general, the caves in the area have passages with different cross sections. Among them, we can highlight the rectangular and the horizontal elliptical forms that evidence the influence of rock layers as preferential development plans for caves. The ceiling and the floor tend to be horizontal or slightly inclined due to the low inclination angle of rock layers that may, in turn, match the inclination of the slope. Larger rooms tend to have a higher concentration of collapsed blocks, and collapses are commonly seen at the cave entrance area⁶.

Conduto de seção elíptica, na Gruta do Salitre, Diamantina. *Passage with elliptical cross section in Salitre cave, Diamantina.* LA/VM





Conduto de seção retangular, na Gruta do Salitre, Diamantina. *Rectangular cross section of passage in Salitre cave, Diamantina.* LA/VM





Desmoronamento no amplo abrigo da entrada da Gruta Monte Cristo, Diamantina. *Breakdown at the large rock shelter that marks the entrance to Monte Cristo cave, Diamantina.* LA/VM

Conduto principal da Gruta Tromba d'Anta, Diamantina. *Main passage of Tromba D'Anta cave, Diamantina.* LA/VM



Em várias cavidades da região de Diamantina verifica-se a ocorrência de quartzitos ricos em outros minerais, como mica e feldspato. As cavernas da região também tendem a atingir extensões maiores quando ocorrem no contato com outras rochas menos resistentes que os quartzitos, como as metabásicas e os conglomerados. Esse é o caso, por exemplo, da Gruta do Salitre e da Gruta da Extração⁷.

O local onde se insere a Gruta do Salitre se destaca pela sua morfologia de aspecto intrigante e exuberante. O sítio pode ser compartimentado em dois ambientes, o superficial composto por um cânion e uma dolina, e o subterrâneo, em que se desenvolveram um majestoso abrigo, salões e condutos. Ao longo do cânion, existem duas outras cavidades, de menores dimensões, que muito possivelmente compõem o mesmo sistema hidrológico.

No topo do afloramento no qual a caverna se insere, existem inúmeros lapiás com profundidade de alguns metros, desenvolvidos a partir do alargamento de fraturas verticalizadas.

O cânion é formado por paredões de aproximadamente 50 m de altura, de direção N–S. Esse cânion é o principal acesso à dolina, de forma semicircular, com paredes de aproximadamente 80 m de altura, onde está inserida a Gruta do Salitre.

Praticamente todo o piso da caverna é composto por um amplo desmoronamento, com várias lajes e blocos de enormes dimensões, intercalados por outros menores. Em alguns trechos, o desmoronamento toca o teto da cavidade, delimitando o abrigo de entrada e alguns salões. Em outros, o desmoronamento é mais complexo, existindo sobreposição de níveis na planta topográfica. O piso é coberto por inúmeros blocos, alguns ainda hoje podem estar recobertos por salitre. O nitrato (salitre) era recolhido pela população local, dando origem ao nome popular da caverna.

A água penetra em profundidade no maciço através de fendas e fraturas, e o gotejamento é intenso em alguns trechos da cavidade, principalmente na estação úmida. Durante eventos de chuvas torrenciais, forma-se uma cachoeira em um dos salões.

Quartzites rich in other minerals such as mica and feldspar are seen in several caves in the area of Diamantina. The caves in the area also tend to reach larger extensions when they are in contact with other rocks less resistant than quartzites as metabasic rocks and conglomerates. That is the case, for example, of Salitre Cave and Extração Cave⁷.

The place where Salitre Cave is inserted stands out for its intriguing and exuberant morphology. The site can be compartmentalized into two different sectors: the surface one that consists of a canyon and a doline, and the underground one that features a stately shelter, rooms and passages. There are two other smaller caves along the canyon that are possibly part of the cave's hydrological system.

On the top of the outcrop where the cave is inserted, there are karren that are some meters deep. They were developed due to the enlargement of vertical fractures.

The canyon is formed by 50 m high walls in a N–S direction. That canyon is the main access to the doline, in a semicircular path, with walls that are approximately 80 m high, and this is where the Salitre cave is inserted.

Almost the entire floor of the cave consists of a large collapse with several slabs and huge blocks interspersed with smaller ones. In some sections, the collapsed rocks touch the cave ceiling, creating the entrance shelter and some rooms. In others, the collapse is more complex, and there is layer overthrust on the topographic plan. The floor is covered by several blocks, which are in turn covered by saltpeter. The nitrate (saltpeter) was collected by the local population, who called the cave “saltpeter”.

The water penetrates deep in the rock mass through fissures and fractures, and dripping is intense in some parts of the cave, mainly during the rainy season. During heavy precipitation events, a waterfall forms in one of the rooms.

Topo do afloramento onde se insere a Gruta do Salitre, com presença de inúmeros lapíás. Ao centro, observa-se o cânion de acesso à caverna, Diamantina. JB
Top of outcrop where Salitre cave is located, showing karren. The canyon that leads to the cave can be observed at the center. Diamantina.

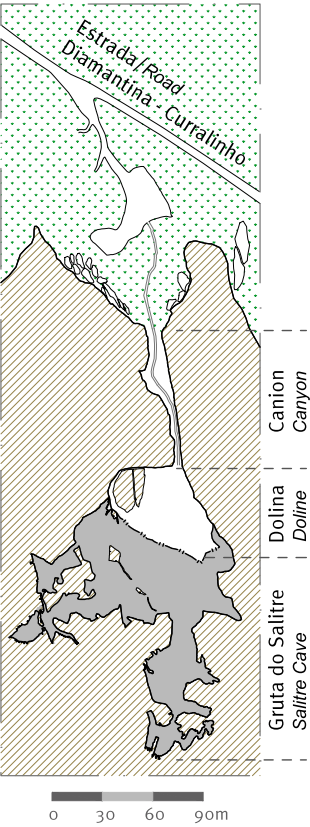


Entrada da Gruta do Salitre, com vista para dolina e cânion, à direita, Diamantina. LA/VM
Entrance of Salitre cave, facing the doline and canyon, Diamantina.

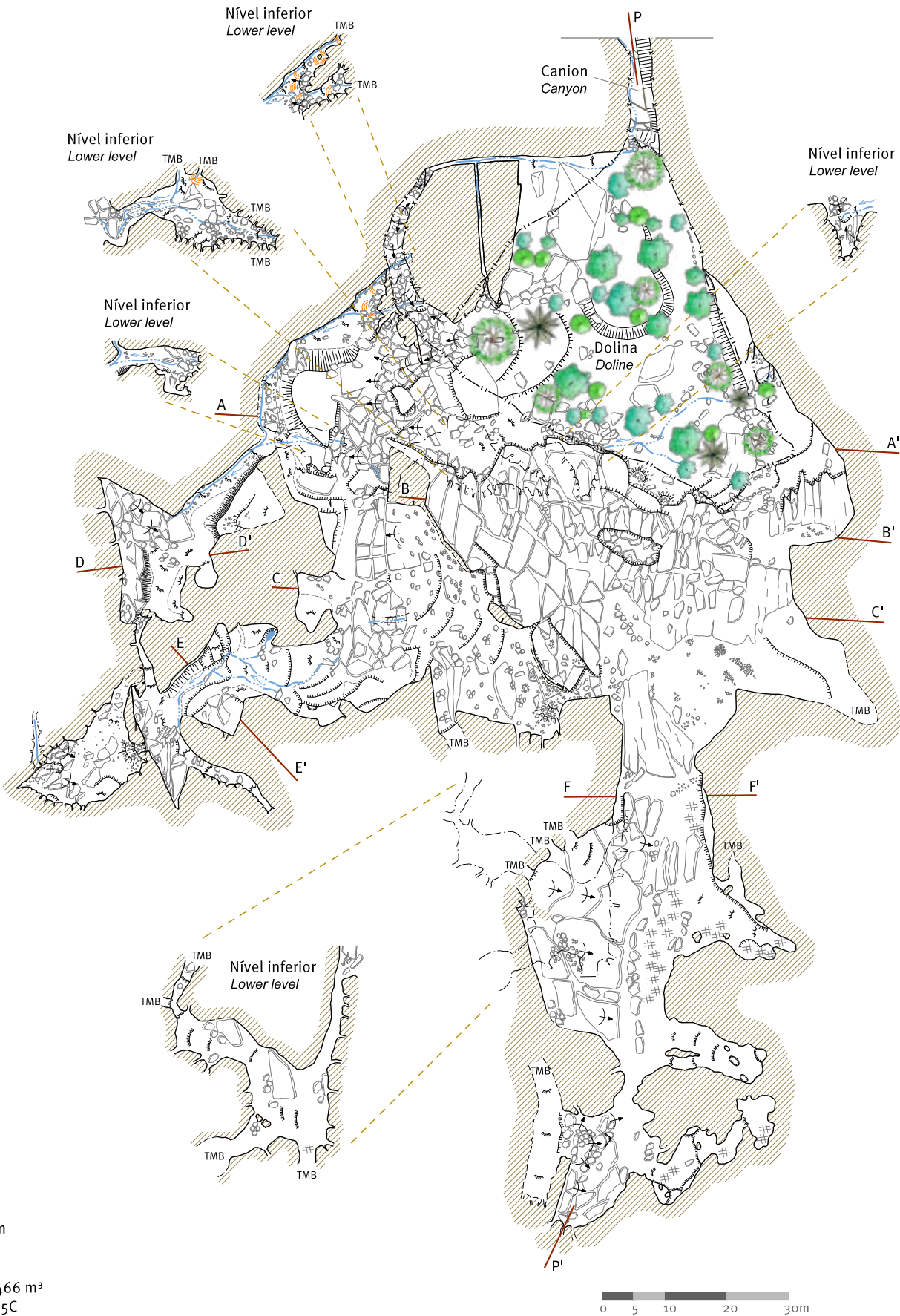


Vista do principal salão na zona afótica da Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM
Main chamber in the dark zone of Salitre cave, Diamantina.

GRUTA DO SALITRE
Salitre Cave
Diamantina, MG

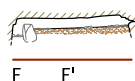
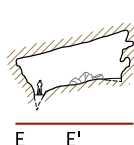
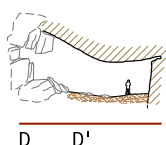
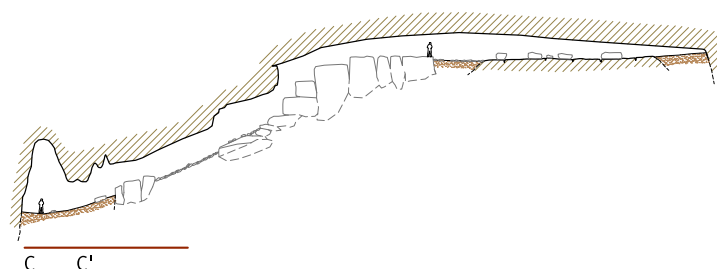
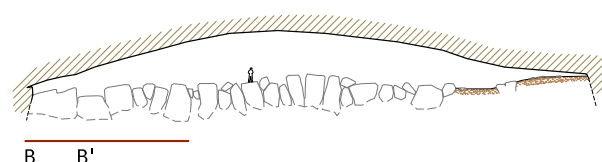
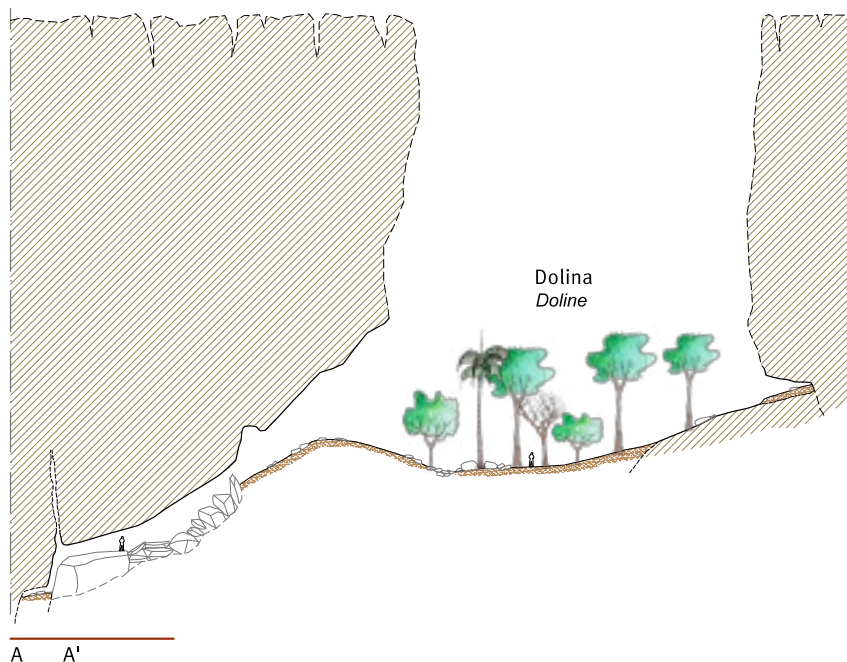


Planta Baixa
Plan view

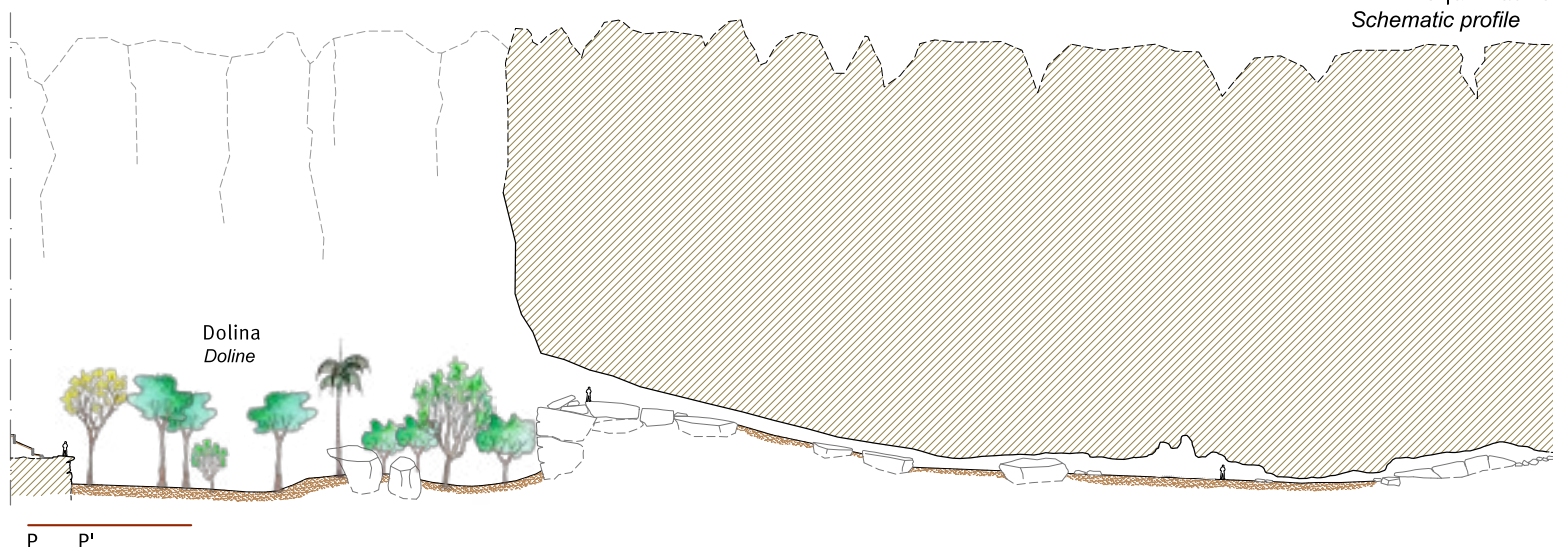


Altitude/ Elevation: 1.140 m
Projeção horizontal/ Length: 668 m
Desnível/ Depth: 32 m
Área/ Area: 7.490 m²
Volume aproximado/ Volume: 25.466 m³
Classificação BCRA/ Survey grade: 5C

-  Quartzito
Quartzite
-  Sedimento
Sediment
-  Contorno externo/ Afloramento
Outcrop
-  Parede interna
Cave wall
-  Contorno inferido
Inferred wall
-  Nível inferior
Lower level
-  Projeção linha d'água
Drip line
-  Drenagem permanente
Drainage
-  Drenagem intermitente
Intermittent drainage
-  Desnível abrupto
Abrupt slope
-  Desnível suave
Gentle slope
-  Desnível em pilha de blocos
Breakdown slope
-  Blocos
Breakdown
-  Escorrimento
Flowstone
-  Guano
Guano
-  Indicação de perfil / seção
Profile/Section indication
-  TMB
Very narrow passage
-  Escala humana h=1,75m
Human scale h=1,75m
-  Vegetação
Vegetation



Perfil Esquemático
Schematic profile



Cavernas de Morro do Pilar

A maior e mais volumosa das cavernas em quartzito de Morro do Pilar é a denominada CAV-0007. A soma de suas galerias atinge 260 m de projeção horizontal e possui volume superior a 2.600 m³. Sua entrada está no interior de uma dolina de forma elíptica cujo maior diâmetro atinge cerca de 20 m de comprimento e aproximadamente sete metros de profundidade. Essa depressão foi originada pelo colapso de parte da galeria principal da gruta, e está localizada no terço médio de uma encosta pouco inclinada, a pouco mais de 200 m da margem esquerda do rio Preto. A caverna se desenvolve na direção norte-sul, com entrada mais elevada, posicionada a norte e desnível total de 35 m entre esta e o fundo da caverna.

A caverna está inserida em quartzito composto por grãos de quartzo do tamanho de areia fina a média, intercalados com camadas de mica. A rocha está bastante intemperizada, e a coloração é em geral creme, mas pode ocorrer alternância com camadas opacas.

A caverna possui um curso d'água gerado em parte pela captação de águas de chuva na dolina da entrada. Algumas drenagens temporárias complementam o fluxo, que é drenado em direção a um sumidouro na parte final da caverna. Pontos de infiltração, gotejamentos e poças são comuns e se intensificam nos períodos de chuva.

A forma da caverna em planta se assemelha à dos sistemas de drenagem externos, em que canais laterais (tributários) confluem na direção de um canal principal mais largo. Esse padrão é denominado dendrítico, e nas cavernas está associado, assim como na superfície, a rotas de escoamento da água, sendo os condutos tributários, em geral, mais estreitos que o conduto principal. A forma das seções dos condutos varia de retangular a elíptica. Essas formas podem dizer muito sobre a gênese e evolução das grutas. As formas elípticas estão, em geral, associadas aos planos que variam de sub-horizontais a inclinados, e são essas estruturas que condicionam o desenvolvimento de condutos com seção elíptica horizontal. Por outro lado, as seções elípticas verticais se associam na maioria das vezes a planos de fratura ou falhas que cortam as camadas da rocha. É comum também ocorrerem formas mistas, em que o plano horizontal é abandonado, passando a vigorar o vertical. A forma final é parecida à de um buraco de fechadura, com a parte superior do conduto mais larga e a base mais estreita.

Caves in Morro do Pilar

The largest and more voluminous of the quartzite caves in Morro do Pilar is called CAV-0007. The total length of its galleries reaches 260 m, and it has a volume of over 2,600 m³. Its entrance is in an elliptically shaped doline whose diameter at its greatest point reaches approximately 20 m in length and approximately seven meters in depth. That depression was caused by the collapse of part of the cave's main passage, and it is located at the medium third of a slightly inclined slope, approximately 200 m from the left margin of Preto River. The cave develops in the north-south direction, with a higher entrance positioned to the north and a total depth of 35 m between it and the bottom of the cave.

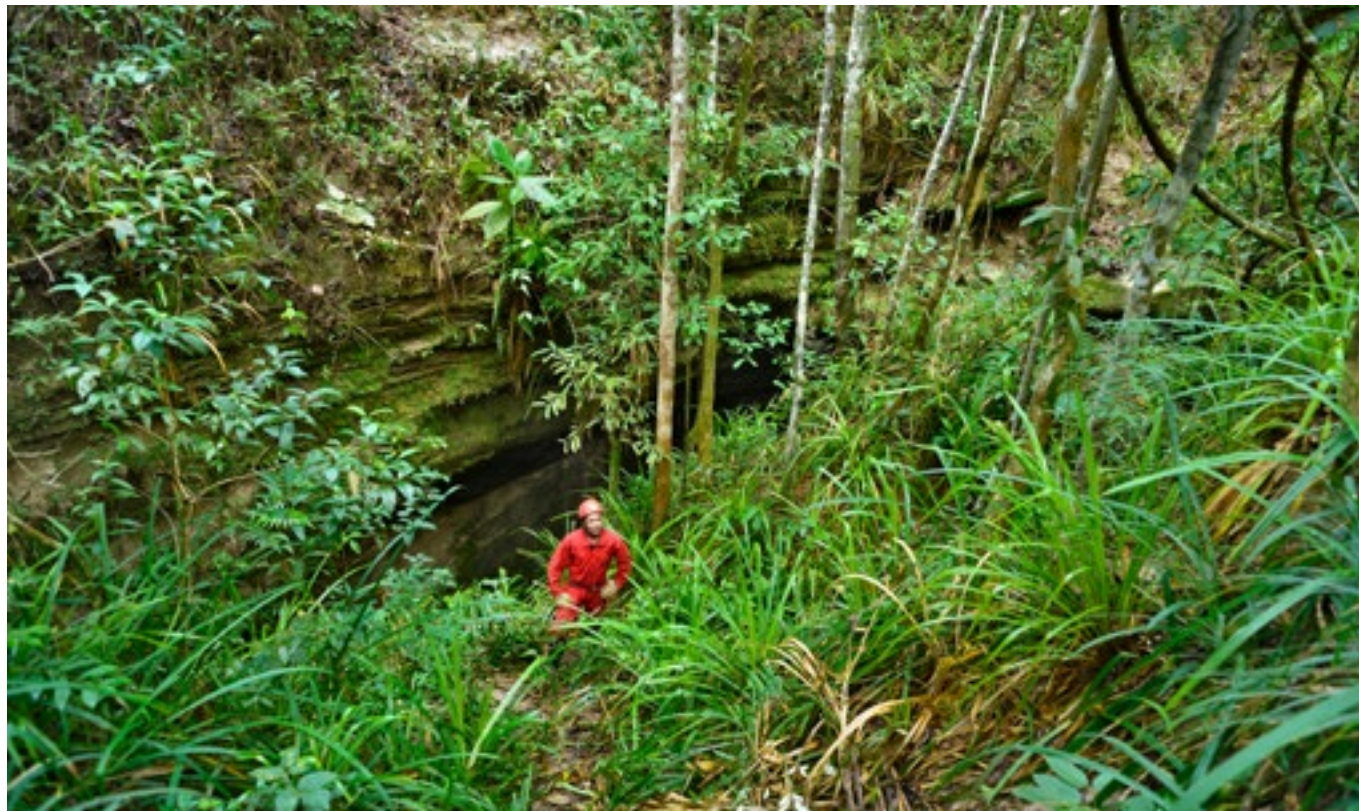
The cave is inserted in quartzite consisting of quartz grains the size of thin to medium sand interspersed with layers of mica. The rock is quite weathered and is generally beige, although it may alternate with opaque layers.

The cave has drainage generated in part by the collection of rainwater at the doline. Some temporary drainage completes the flow, which moves towards a swallet at the end of the cave. Seepage and puddle points are common, and they become more intense during the rainy season.

The form of the cave in the plan view is similar to that of the external drainage systems in which side channels (tributaries) flow towards a wider main channel. That pattern is called dendritic. In caves as well as on the surface, this form is associated with water outflow routes where tributary passages are in general narrower than the main passage. Passage section shapes vary from rectangular to elliptical. These shapes can say a lot about the genesis and evolution of caves. Elliptical forms are generally associated with plans that vary from sub-horizontal to inclined, and these structures condition the development of passages with horizontal elliptical sections. However, vertical elliptical sections are most often associated with fracture or fault plans that cut through rock layers. It is also common to see mixed forms where the horizontal plan is abandoned and the vertical one comes into effect. The final shape is similar to a keyhole: the upper part of the passage is wider and the base is narrower.

Vista parcial da entrada da CAV-0007 a partir da dolina, Morro do Pilar. AC

Entrance of CAV-0007 as seen from the doline, Morro do Pilar.



Vista interna da entrada da CAV-0007. À esquerda é possível observar o enorme cone de blocos gerado pelo desmoronamento de parte do teto, Morro do Pilar. AC

Internal view of CAV-0007 entrance. To the left cave collapse resulted in the accumulation of large blocks, Morro do Pilar.

Alternância de camadas arenosas (mais claras) e de minerais opacos (camadas escuras), nas paredes da caverna CAV-0007, Morro do Pilar. AC
Alternation of lighter (sandy) and darker (due to opaque minerals) layers at walls in CAV-0007 cave, Morro do Pilar.



Conduto de forma mista, cuja seção elíptica horizontal foi alterada pela incisão de drenagem, Morro do Pilar. AC
Passage showing mixed cross section. The original horizontal/elliptical section was altered due to fluvial downcutting, Morro do Pilar.

À medida que a caverna evolui e os condutos se ampliam, pontos de instabilidade tendem a ser mais comuns, principalmente no teto. Em consequência disso, o deslocamento de camadas de rocha são frequentes. Na CAV-0007 há um grande segmento do conduto, próximo à entrada, onde o abatimento de grande volume de rocha do teto está depositado ao longo do piso. Esse extenso depósito ainda preserva a forma retangular da galeria e as estruturas sub-horizontais da rocha, o que indica que o desprendimento ocorreu de uma só vez. Pois, do contrário, essas estruturas se perderiam e o depósito teria a forma de um cone ou arranjo caótico.

As the cave evolves and the passages are enlarged, instability points tend to be more common, especially on the ceiling. Rock layer slabbing is therefore frequent. In CAV-0007, there is a large segment of the passage near the entrance where a large volume of rock from the ceiling has been deposited along the floor. This extensive deposit still preserves the rectangular shape of the passage and the sub-horizontal structures of the rock, indicating that the breakdown took place all at once — otherwise those structures would be lost and the deposit would have the shape of a cone or a chaotic arrangement.



Abatimento cuja forma retangular do teto é grosseiramente reproduzida no material clástico do piso, onde está o espeleólogo, Morro do Pilar. AC

Breakdown in which the shape of the ceiling is reproduce in the fallen blocks, Morro do Pilar.

Cavernas de Itambé do Mato Dentro

De forma geral, as cavernas da região de Itambé do Mato Dentro são de pequeno porte. A maior parte delas possui menos de 100 m de extensão, e um grupo menor, composto por 3 cavidades, apresenta entre 100 a 300 m. A Gruta Baixada das Crioulas I se destaca, pois supera 1 km de extensão, sendo considerada uma das maiores cavernas em quartzito do Brasil e até mesmo do mundo.

A maioria das cavernas de pequenas dimensões não se encontra conectada por rios subterrâneos, com exceção de dois grupos de cavidades, que constituem sistemas cársticos. O primeiro sistema é composto pela Gruta Baixada das Crioulas I e Gruta Baixada das Crioulas II. O segundo sistema possui três cavidades: Toca do Funil I, Toca do Funil II e Toca do Gentio.

A Gruta Baixada das Crioulas I, localizada a montante do sistema, destaca-se pelo grande número de entradas, sendo 10 no total. De um modo geral, as entradas são amplas e se formaram por abatimentos. Algumas delas possuem canais tributários que alimentam o curso d'água principal da caverna. A drenagem principal flui em direção à Gruta Baixada das Crioulas II, mas antes de adentrar nessa cavidade passa por um trecho superficial. Esse trecho é recoberto por blocos, o que representa uma evidência de que essa área possivelmente teve origem a partir de colapsos de condutos de cavernas. Isso remete a um fato importante em relação à gênese dessas cavidades, pois a partir dessa evidência acredita-se que, no passado, as grutas Baixada das Crioulas I e II constituíam uma única grande caverna.

No segundo sistema, as entradas das cavidades Toca do Funil I e Toca do Funil II se encontram no sopé de uma dolina. A morfologia desse grupo de cavernas sugere que elas possam ter constituído uma única cavidade, no passado. A hipótese é de que as Tocas do Funil I e II possam ter sido separadas através de processos de dissolução e abatimento da rocha. O acúmulo de sedimentos na porção final da Toca do Funil II impediu o acesso à Toca do Gentio.

Caves in Itambé do Mato Dentro

In general, the caves in the area of Itambé do Mato Dentro are small. Most of them extend less than 100 m, and a smaller group consisting of 3 caves has between 100 and 300 m. Baixada das Crioulas I Cave is remarkable because it extends over 1 km. It is considered to be one of the largest caves in quartzite in Brazil and even in the world.

Most of the smaller caves are not connected by underground rivers except for two groups of caves that are karst systems. The first system consists of Baixada das Crioulas I Cave and Baixada das Crioulas II Cave. The second system has three caves: Toca do Funil I, Toca do Funil II and Toca do Gentio.

Baixada das Crioulas I Cave, located upstream in the system, stands out for having a large number of entrances: 10, altogether. In general, the entrances are large and were formed by rock block collapses. Some entrances have tributary channels that feed the cave's main drainage. The main drainage flows towards Baixada das Crioulas II Cave, but before it enters that cave, it passes a surface section. That section is covered with breakdown, which indicates that this section possibly originated from cave passage collapses. From this evidence, it is believed that the Baixada das Crioulas I and II Caves were one large cave in the past.

In the second system, the entrances to the Toca do Funil I and Toca do Funil II caves are at the bottom of a doline. The morphology of that group of caves suggests that they may have been a single cave in the past. The hypothesis is that Toca do Funil I and II may have been separated through rock collapse and dissolution processes. Sediment accumulation at the end of Toca do Funil II blocks access to Toca do Gentio.



Entrada (sumidouro) da Gruta Baixada das Crioulas II, Itambé do Mato Dentro. LA/VM
Entrance (swallet) to Baixada das Crioulas II cave, Itambé do Mato Dentro.

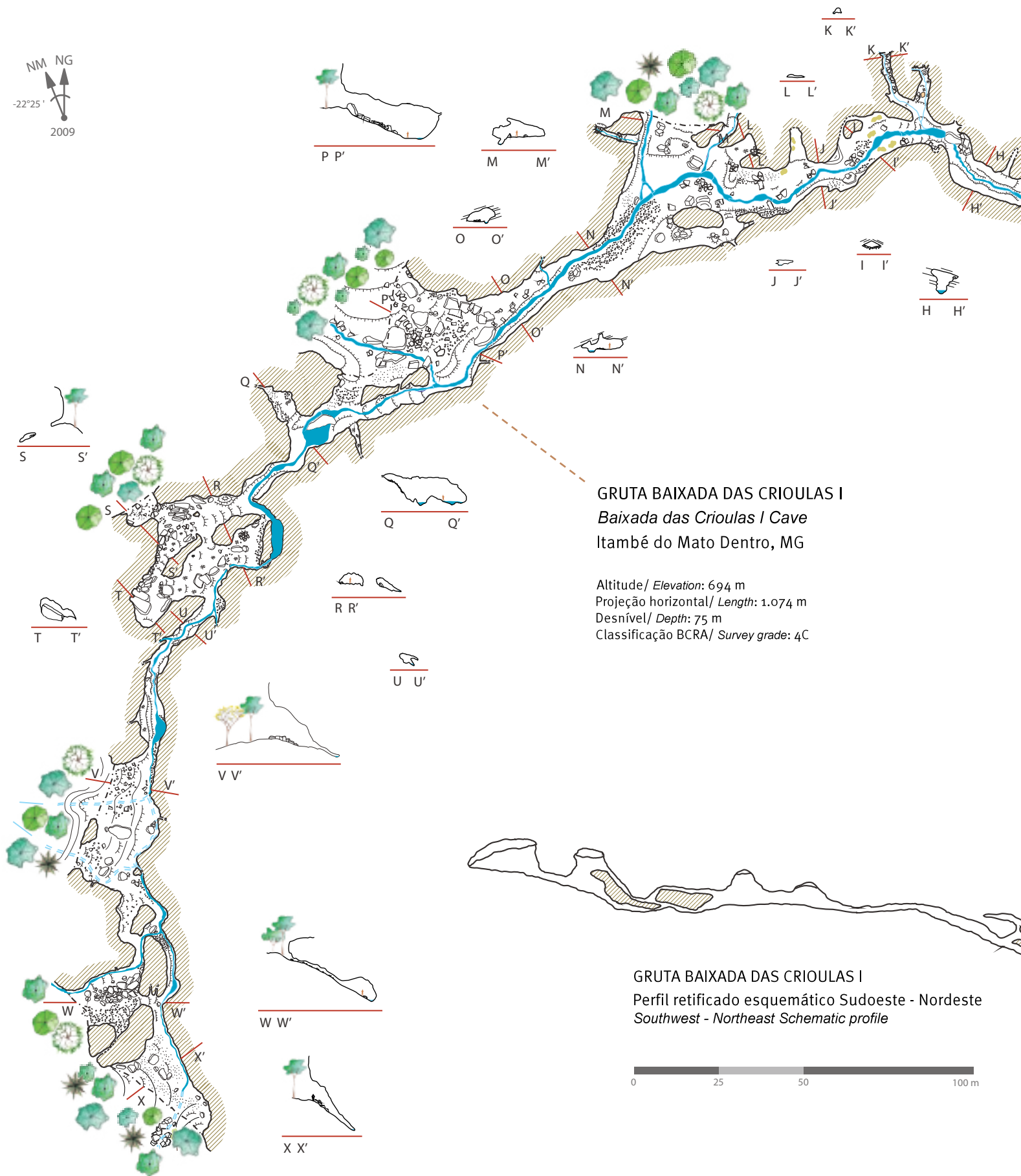


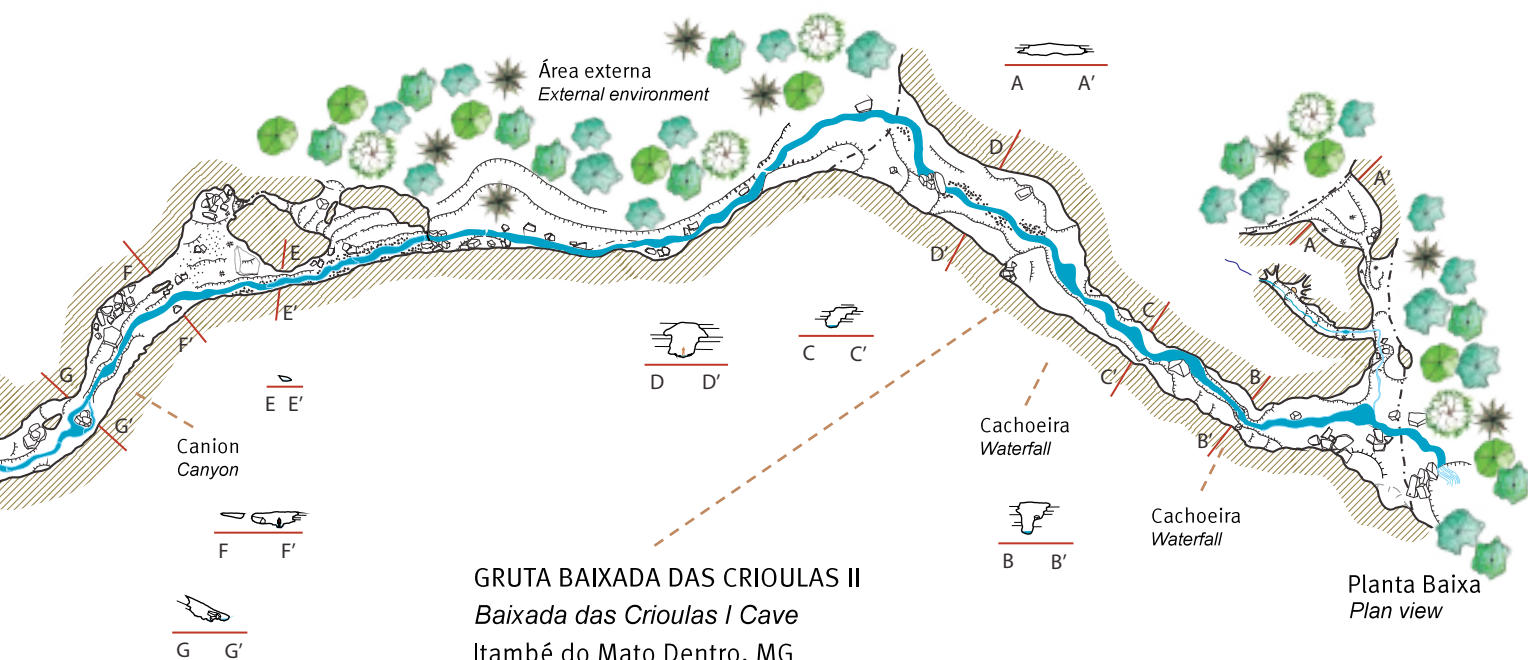


Maior entrada da Gruta Baixada das Crioulas I, vista a partir do interior da caverna, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

The largest entrance to Baixada das Crioulas I cave, Itambé do Mato Dentro.

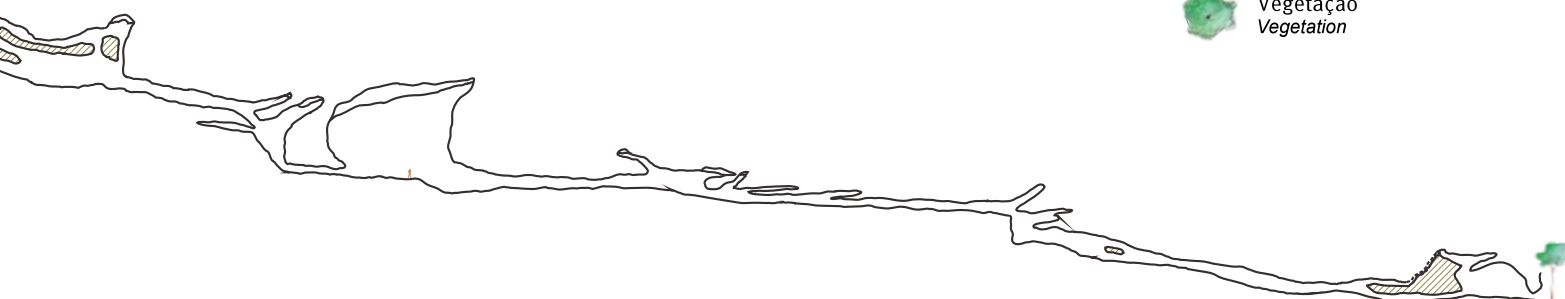
SISTEMA BAIXADA DAS CRIOULAS
Baixada das Crioulas Cave System
Itambé do Mato Dentro, MG





GRUTA BAIXADA DAS CRIOULAS II
Perfil esquemático
Schematic profile

- Quartzito
Quartzite
- Parede interna
Cave wall
- Contorno inferido
Inferred wall
- Projeção linha d'água
Drip line
- Drenagem permanente
Drainage
- Drenagem intermitente
Intermittent drainage
- Desnível abrupto
Abrupt slope
- Desnível suave
Gentle slope
- Blocos
Breakdown
- Crostas coraloídes
Speleothems / Crusts
- Guano
Guano
- Indicação de perfil / seção
Profile/ Section indication
- Escala humana h=1,75m
Human scale h=1,75m
- Vegetação
Vegetation



As entradas das cavernas estão, geralmente, posicionadas na base de escarpas ou paredões. Conforme mencionado anteriormente, algumas cavernas também apresentam entradas em sua porção superior, inseridas na base de dolinas como, por exemplo, a Toca do Funil I, Toca do Funil II e Gruta dos Milagres II. Essas duas últimas possuem acúmulo de sedimentos em seu interior, provenientes do meio externo e transportados a partir da dolina. Remanescentes desses sedimentos podem ser encontrados nas paredes e tetos das cavidades, mostrando que essas cavernas podem ter sido preenchidas por sedimentos.

Cave entrances are generally located on ridge or cliff bases. As mentioned above, some caves also have upper entrances that are inserted into the base of dolines such as, for example, Toca do Funil I, Toca do Funil II and Milagres II Cave. The latter two have an accumulation of sediment coming from the surface and transported from the doline. Remains of sediment may be found on the cave walls and ceilings, showing that these caves might have been filled with sediment.



Depósitos arenosos no grande salão da Gruta dos Milagres I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM
Sand deposits in the large chamber of Milagres I cave, Itambé do Mato Dentro.

A maior parte das cavernas da região possui drenagem permanente, com exceção da Gruta dos Milagres I, que apresenta drenagem temporária. Essa caverna se localiza em área topograficamente mais elevada, em que a conexão com o aquífero é menor, em relação às cavernas localizadas em altitudes baixas e intermediárias. A pequena circulação de água pode favorecer o acúmulo ou a permanência de depósitos arenosos em seu interior.

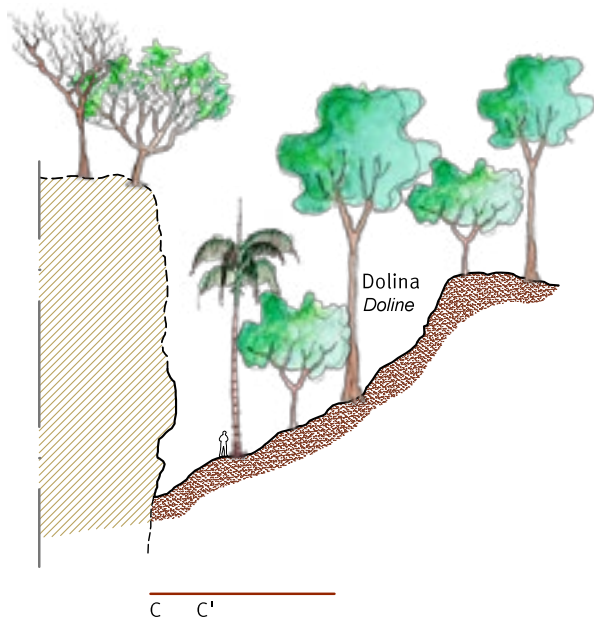
Most of the caves in the area have drainage throughout the year, except for Milagres I Cave, which contains temporary drainage. That cave is located in a topographically higher area, where there is less connection with the aquifer compared to the caves located at lower and intermediate altitudes. We can see that there is no drainage in Milagres I Cave, which restricts the removal of the large sandy deposits in it.

Drenagem temporária na Gruta dos Milagres I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

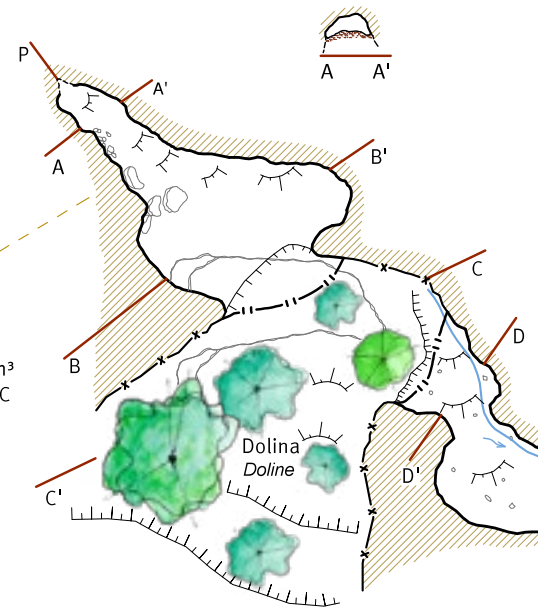
Temporary drainage in Milagres I cave, Itambé do Mato Dentro.



TOCA DO FUNIL I, TOCA DO FUNIL II e TOCA DO GENTIO
Funil I Cave, Funil II Cave and Gentio Cave
 Itambé do Mato Dentro, MG

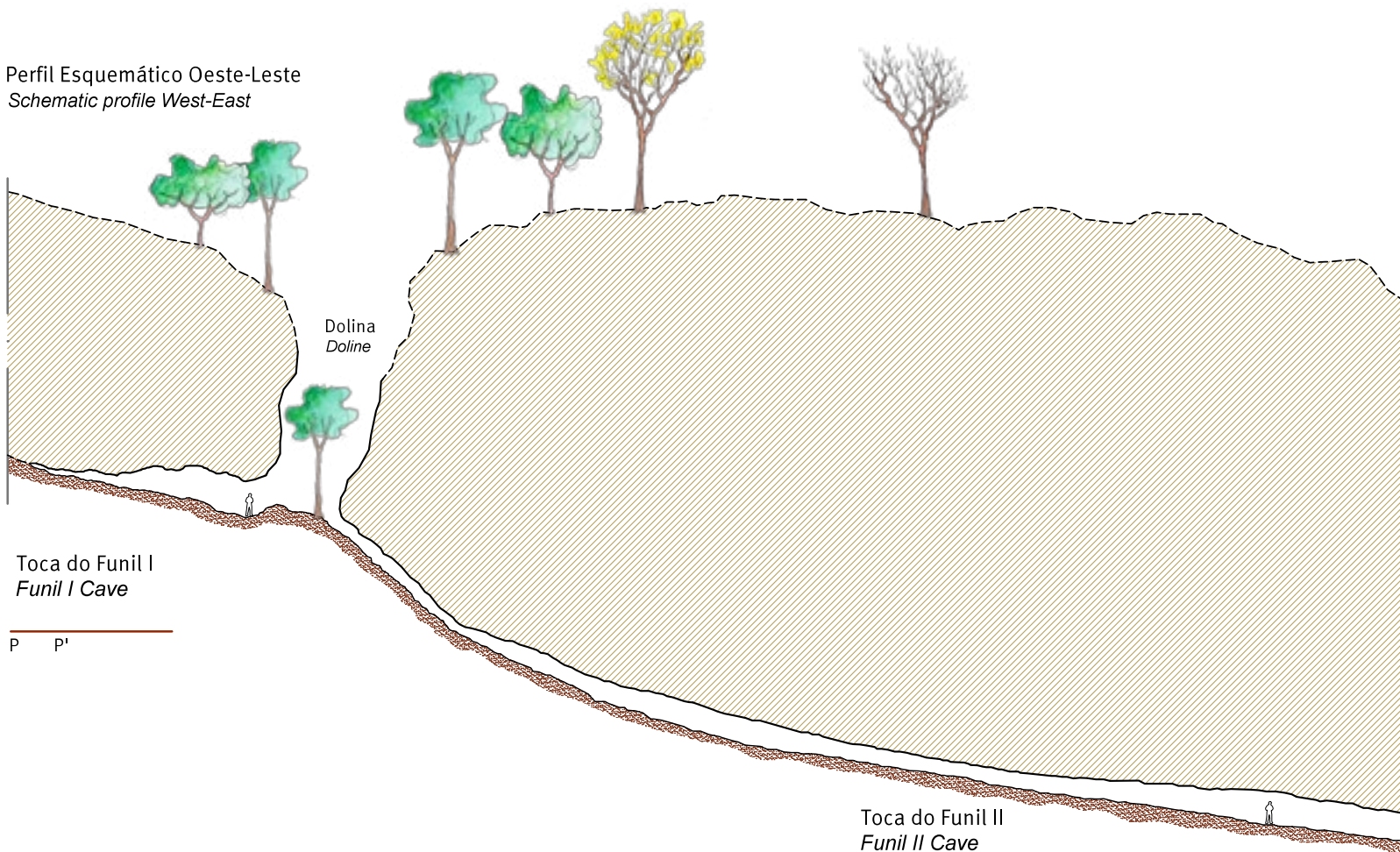


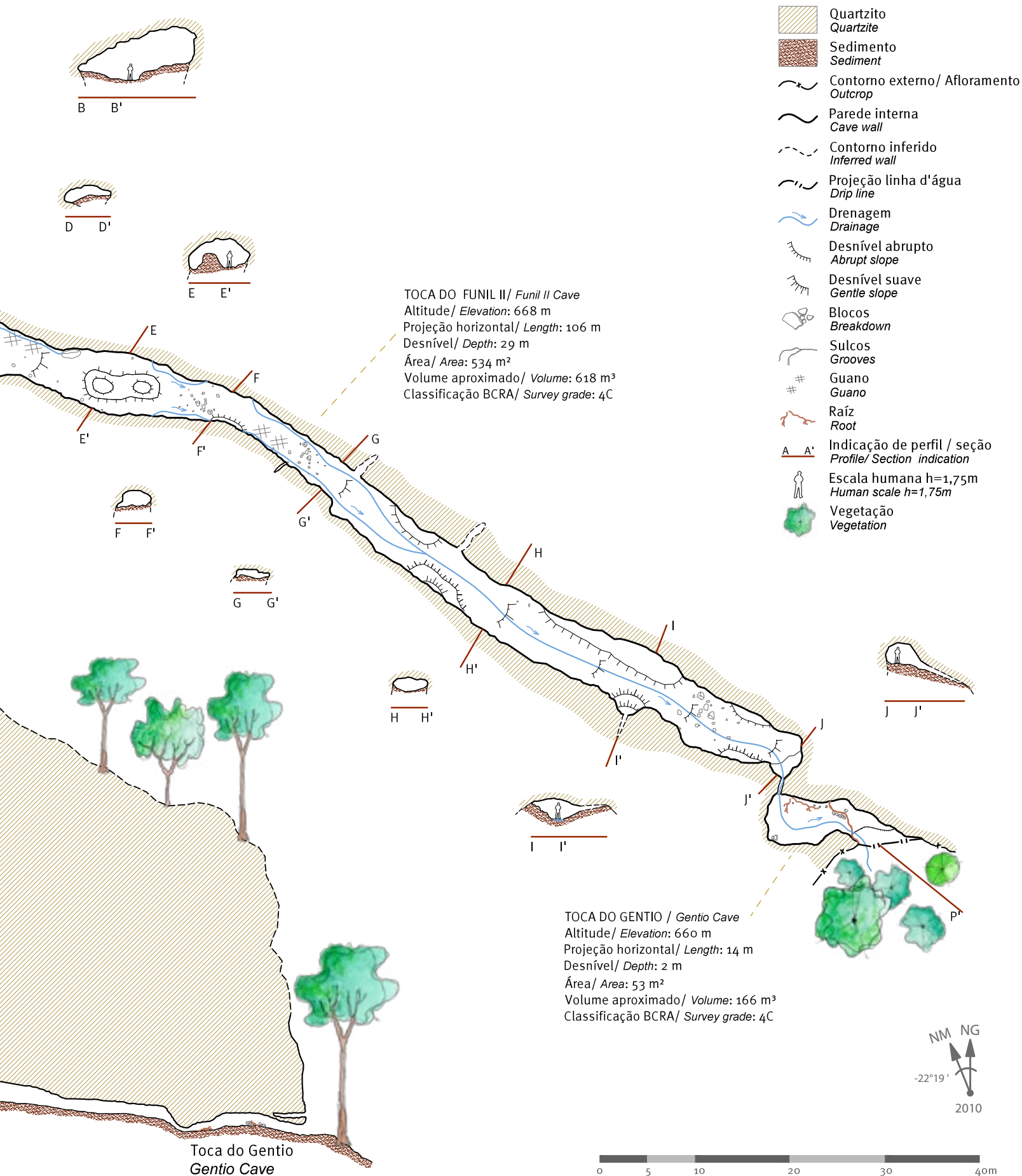
TOCA DO FUNIL I / *Funil I Cave*
 Altitude/ *Elevation*: 668 m
 Projeção horizontal/ *Length*: 21 m
 Desnível/ *Depth*: 4 m
 Área/ *Area*: 141 m²
 Volume aproximado/ *Volume*: 595 m³
 Classificação BCRA/ *Survey grade*: 4C



Planta Baixa
Plan view

Perfil Esquemático Oeste-Leste
Schematic profile West-East



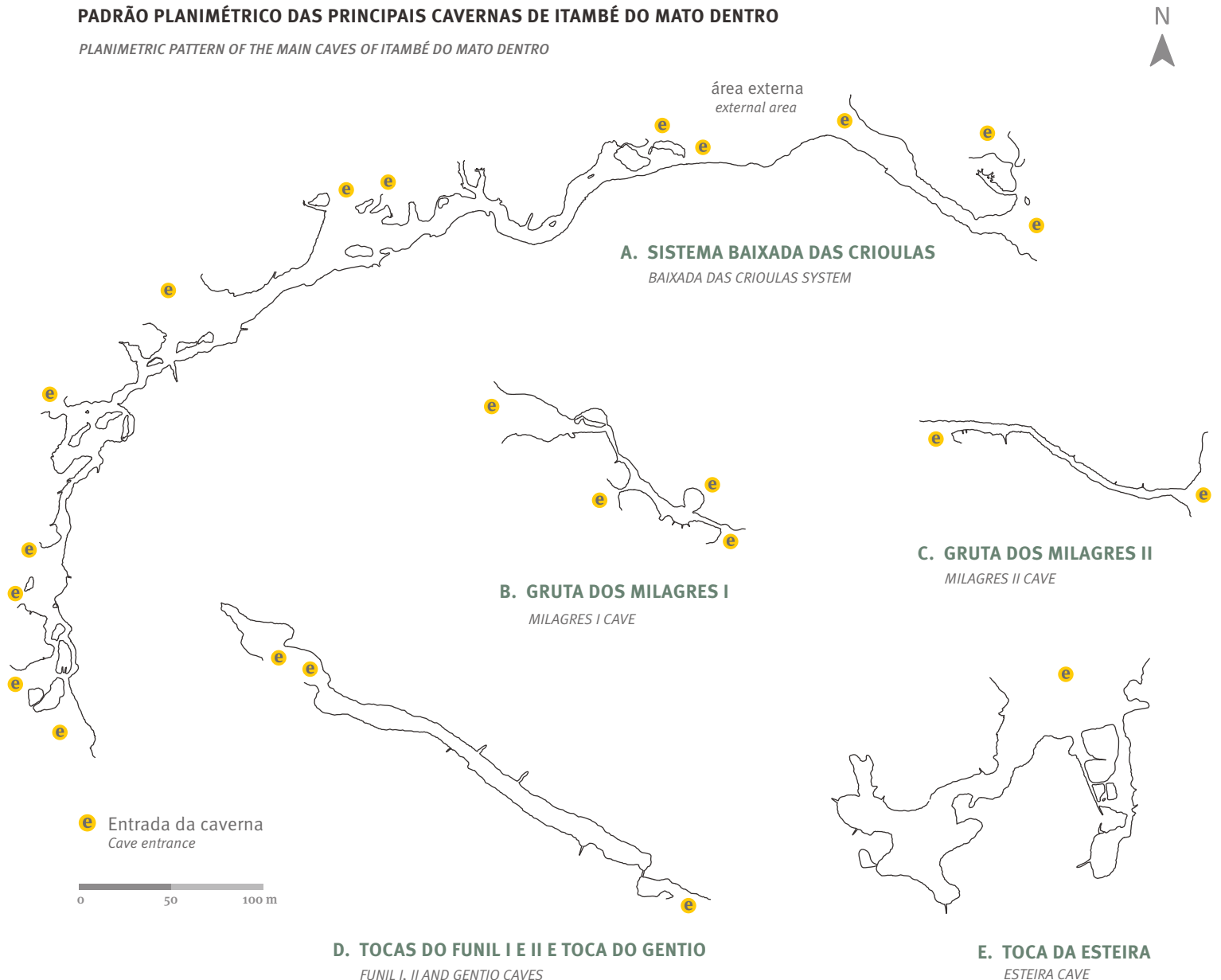


Grande parte das cavernas estudadas em Itambé do Mato Dentro apresenta padrão em planta retilíneo ou aproximadamente retilíneo como, por exemplo, as Tocas do Funil I e II, a Toca do Gentio e a Toca da Esteira. O Sistema Baixada das Crioulas exibe um curioso padrão planimétrico curvilíneo, não identificado nas demais cavernas da área.

Most of the caves follow a rectilinear or approximately rectilinear pattern such as, for example, Tocas do Funil I and II, Toca do Gentio and Toca da Esteira. Baixada das Crioulas Cave System follows a curious curvilinear pattern that has not been identified in the other nearby caves.

PADRÃO PLANIMÉTRICO DAS PRINCIPAIS CAVERNAS DE ITAMBÉ DO MATO DENTRO

PLANIMETRIC PATTERN OF THE MAIN CAVES OF ITAMBÉ DO MATO DENTRO



O padrão curvilíneo do sistema Baixada das Crioulas possivelmente está relacionado à mudança alternada das direções e inclinações das camadas da rocha, que orientam o

The curvilinear pattern of the Baixada das Crioulas system is possibly related to the alternating change of direction and slopes in the rock layers that guide the development of the

desenvolvimento das cavernas, formando trechos sinuosos. Essas alterações proporcionam desníveis abruptos ao longo do percurso dessas cavernas, com presença de trechos de cachoeiras, corredeiras, “escorregadores”, intercalados por trechos em poços. Esses desníveis são bastante perceptíveis no perfil longitudinal dessas cavernas e são de grande importância para o desenvolvimento das mesmas, pois propiciam o aumento de energia, do fluxo e da capacidade de transporte de sedimento ao longo do sistema.

As galerias da Gruta Baixada das Crioulas I apresentam formas diversificadas, podendo ser amplas ou com passagens bastante estreitas.

caves, forming winding sections. These changes result in sudden differences in level along the route of those caves with waterfalls, rapids, and steep sections interspersed with pools. These differences in terms of level are quite noticeable in the longitudinal profile of these caves, and they are very important for the cave's development, as they allow for the increase of flow energy and for the capacity of sediment transported along the system.

Baixada das Crioulas I Cave's passages have different forms: they may be large or have quite narrow passages.



Trecho em corredeira seguido de trecho em poço na Gruta Baixada das Crioulas I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM
Inclined passage followed by pool in Baixada das Crioulas I cave, Itambé do Mato Dentro.



Poço profundo na Gruta
Baixada das Crioulas I, Itambé
do Mato Dentro. LA/VM

*Deep pool in Baixada das
Crioulas I cave, Itambé do Mato
Dentro.*

Galeria ampla, de seção em arco, na Gruta Baixada das Crioulas I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Large passage with an arched section in Baixada das Crioulas I cave, Itambé do Mato Dentro.



Passagem estreita na Gruta Baixada das Crioulas I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Narrow passage in Baixada das Crioulas I cave, Itambé do Mato Dentro.

Acredita-se que o desenvolvimento das cavernas da região de Itambé do Mato Dentro ocorra preferencialmente em camadas da rocha ricas em minerais do tipo mica (mais especificamente a sericita), além de óxidos e hidróxidos de ferro. Estudos revelam que a presença de ferro na água aumenta a solubilidade da sílica. Essas camadas geralmente se encontram dispostas segundo a inclinação da vertente na qual as cavidades se inserem, favorecendo o transporte de sedimentos.

Na parede de algumas cavernas como, por exemplo, a Gruta dos Milagres I, é possível notar a presença de camadas ricas em minerais de fração argila, provavelmente sericita, óxidos e hidróxidos de ferro. É muito comum observar pequenas feições arredondadas, denominadas alvéolos, ao longo das camadas dos quartzitos. Essas feições podem ocorrer tanto em afloramentos da parte externa das cavernas, como no interior das cavidades, como indicativos do processo de dissolução diferencial através das camadas mais solúveis da rocha.

Espeleotemas estão presentes em praticamente todas as cavernas da região, sobretudo no Sistema Baixada das Crioulas. Esses depósitos químicos assumem formas variadas que permitem classificá-los como do tipo coraloides, estalactites, cortinas e microtravertinos.

It is believed that the development of the caves in the area of Itambé do Mato Dentro preferably occurs in rock layers rich in mica minerals (more specifically sericite), besides iron oxides and hydroxides. Studies reveal that the presence of iron in water increases silica solubility. These layers are usually placed according to the inclination of the slope where the caves are inserted, favoring the removal of sediment.

It is possible to see the presence of layers rich in clay fraction minerals, probably sericite, iron oxides and hydroxides, on the walls of some caves such as, for example, Milagres I Cave. It is very common to see small round landforms called alveoles along quartzite layers. These landforms may occur both on outcrops and inside the caves as an indication of the differential dissolution process through the more soluble rock layers.

There are speleothems in almost all caves in the area, especially in Baixada das Crioulas I Cave. These chemical deposits take different forms that allow us to classify them as coralloids, stalactites, curtains and micro rimstone.



Pequenos alvéolos na zona de entrada da Gruta dos Milagres I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Small alveoles at the entrance section of Milagres I cave, Itambé do Mato Dentro.



Alvéolos de dimensões centimétricas, em abrigo no canion de acesso à Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Centimetric alveoles in a sheltered zone in the canyon that leads to Salitre cave, Diamantina.

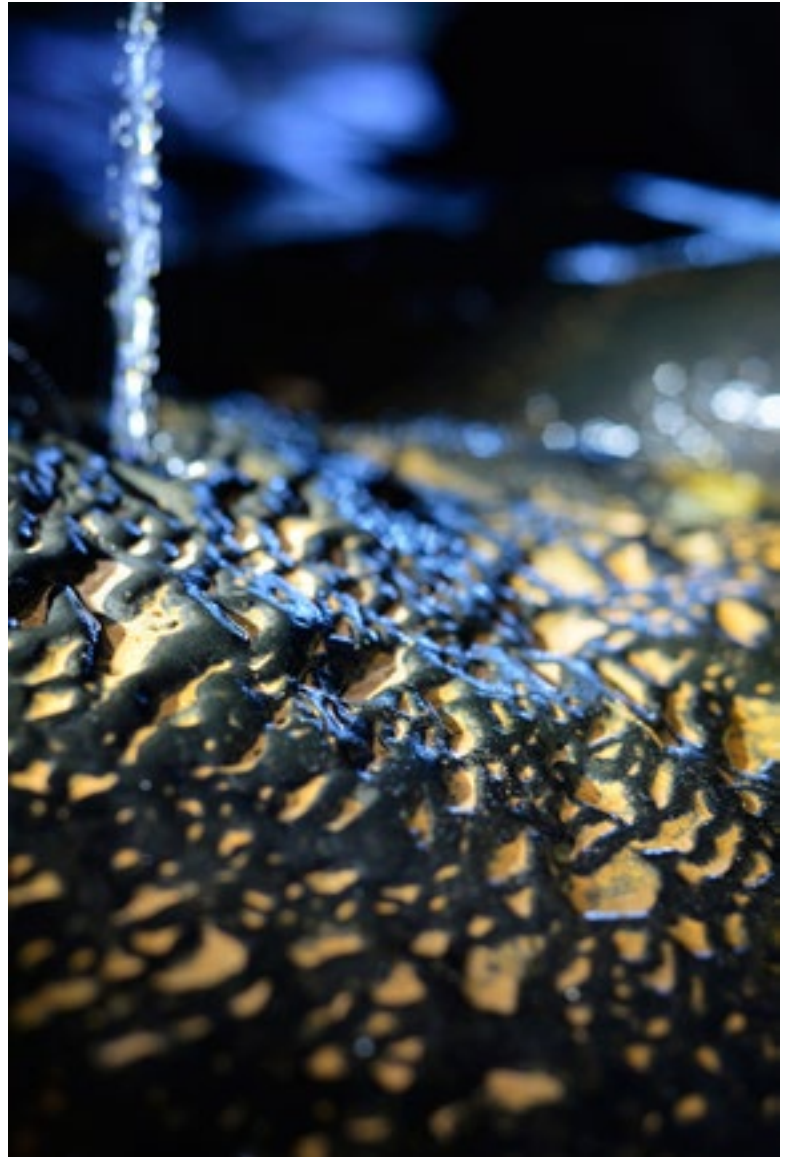
Diferentes colorações nas paredes do Grande Salão refletem variações de granulometria e composição das camadas rochosas. As de cor laranja indicam maior concentração de minerais de fração argila, possivelmente compostas por sericita e óxidos de ferro. Gruta dos Milagres I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

The different colors in the walls of the Large Chamber are associated with variations in grain size and composition of the bedrock layers. Orange colored layers are due to a larger content of clay, possibly with the addition of sericite and iron oxides. Milagres I cave, Itambé do Mato Dentro.



Vista geral do Grande Salão, com camadas e fraturas preenchidas por material residual da rocha, alterado quimicamente, provavelmente rico em sericita, além de óxidos e hidróxidos de ferro. Gruta dos Milagres I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

View of the large chamber of Milagres I cave, showing bedding planes and joints filled with residual material, probably rich in sericite and iron oxides and hydroxides, formed due to chemical weathering, Itambé do Mato Dentro.



Microtravertinos no Sistema Baixada das Crioulas, Itambé do Mato Dentro. LA/VM
Micro rimstone dams in Baixada das Crioulas cave system, Itambé do Mato Dentro.

Alguns estudos demonstram que os coralloides desenvolvidos em cavernas quartzíticas são formados por evaporação da água e por deposição de minerais de sílica. Já os micro-travertinos são represas de travertino de pequena dimensão, representando depósitos relacionados a fluxo de água que muitas vezes, ainda não se encontram consolidados, sendo extremamente frágeis e vulneráveis ao pisoteio e toque por visitantes. É possível que apresentem contribuição de bactérias em sua formação.

Considerações finais

Na Serra do Espinhaço já foram identificadas várias cavernas em quartzito, no entanto, acredita-se que a região possui grande potencial para novas ocorrências. É interessante observar que mesmo localizadas em diferentes locais da Serra, pode-se dizer que as cavernas em quartzito apresentam similaridades em relação aos fatores envolvidos na sua formação, assim como no que diz respeito aos aspectos morfológicos, hidrológicos e sedimentares.

Podemos concluir, que as três regiões da Serra do Espinhaço abordadas neste capítulo exibem condições ambientais semelhantes, as quais propiciam respostas parecidas aos processos de formação dessas cavidades. Por outro lado, também é importante ressaltar que uma série de fatores locais interferem no ambiente de formação das cavidades, fazendo com que cada uma delas apresente suas particularidades. O sistema Baixada das Crioulas, por exemplo, caracteriza-se por apresentar cavernas de dimensões e número de entradas (locais de entrada e saída de sedimentos) bem mais significativos em relação às demais. Esse fato, provavelmente, aponta para existência de maior energia no fluxo de material transportado através do sistema.

Some studies demonstrate that coralloids developed in quartzite caves are formed by the evaporation of water and the deposition of silicate minerals. Micro rimstones are small size rimstone dams, representing deposits related to water flows that have not yet consolidated. They are extremely fragile and vulnerable to trampling and touching by visitors. It is possible that bacteria contribute to their formation.

Final remarks

Several caves in quartzite have already been identified in Espinhaço Range. However, it is believe that the area has much potential for new findings. It is interesting to note that, even if they are located in different locations along the range, the quartzite caves have similarities in terms of the factors involved in their formation as well as regarding morphologic, hydrologic and sedimentary aspects.

Thus, we may conclude that the three areas of Espinhaço Range addressed in this chapter have similar environmental conditions that allow for similar responses to cave formation processes. However, it is also important to emphasize that a series of local factors interferes in the cave formation environment, giving each cave its own particularities. The Baixadas das Crioulas system, for example, features caves with more significant dimensions and a greater number of caves of when compared to the others. This probably points to the existence of more energy in the flow of material transported through the system.

NOTAS

¹ Segundo Knauer (2007).

² Referência de altitude do Pico de Itambé retirado de Saadi (1995).

³ Mapeamento realizado em 2014 pela Carste Ciência e Meio Ambiente.

⁴ Dados sobre a extensão das cavernas retirados de Souza (2014).

⁵ Dados sobre os aspectos morfológicos das cavernas de Souza (2014).

⁶ Segundo Souza (2014).

⁷ Segundo Souza (2014).

NOTES

¹ According to Knauer (2007).

² Altitude reference for Itambé Peak from Saadi (1995).

³ Mapping carried out in 2014 by Carste Ciência e Meio Ambiente.

⁴ Data from cave extension from Souza (2014).

⁵ Data on morphologic aspects of the caves were taken from Souza (2014).

⁶ According to Souza (2014).

⁷ According to Souza (2014).

CAVERNAS EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS

Caves in Iron Formations

Ataliba Coelho e Marina Leão



A paisagem e as cavernas

Cavernas alojadas em rochas ferríferas são mencionadas por viajantes naturalistas já no final do século XIX. Em 1818, Auguste Saint-Hilaire escreveu em sua obra *Viagem pelo Distrito dos Diamantes e Litoral do Brasil* sobre uma gruta na Serra da Piedade (Minas Gerais). Essa talvez seja a primeira menção a esse tipo de caverna no Brasil. Outros pesquisadores também abordaram o tema, como o mineralogista inglês Henwood, em 1871. Tempos depois, em 1963, o geólogo norte-americano George Simmons publicou o estudo detalhado de uma caverna ferrífera na Serra do Tamanduá, próxima à cidade de Barão de Cocais (Minas Gerais). Essas não foram as únicas menções a cavernas ferríferas nesse período, mas estão, sem sombra de dúvida, entre as mais importantes.

Até pouco tempo, por estarem longe do foco dos grupos de espeleologia, as cavernas ferríferas eram muito pouco conhecidas. Como se pode constatar desde os relatos pioneiros, as cavernas ferríferas conhecidas em Minas Gerais se concentram na região do Quadrilátero Ferrífero. Na Amazônia, particularmente na Serra dos Carajás (Pará), que atualmente aloja o maior número de cavernas ferríferas conhecidas do Brasil, elas começaram a ser citadas em estudos na década de 1970. Mas somente a partir da década seguinte é que estudos mais detalhados e sistemáticos começaram a ser realizados.

Recentemente, uma região vem ganhando foco no cenário espeleológico de Minas Gerais por abrigar importantes cavernas ferríferas: a Serra do Espinhaço Meridional. Com o início dos trabalhos de licenciamento ambiental, estima-se que mais de 300 cavernas ferríferas já foram identificadas, número que pode crescer com a intensificação dos estudos na área.

The landscape and the caves

*Caves lodged in iron rocks have been mentioned by naturalist travelers since the 19th century. In 1818, Auguste Saint-Hilaire wrote in his book *Trip around the Diamond District and the Brazilian Shore* (Viagem pelo Distrito dos Diamantes e Litoral do Brasil) about a cave in Serra da Piedade, in Minas Gerais. This may be the first time this type of cave in Brazil is mentioned. Other researchers also approached the subject such as English mineralogist Henwood in 1871. Some time after that, in 1963, the North-American geologist George Simmons published a detailed study on an iron cave in Tamanduá Ridge, near the city of Barão de Cocais (Minas Gerais). Those are not the only references to iron caves during that period, although they are undoubtedly among the most important.*

Iron caves were very little known until recently because they have been neglected by caving clubs. As we can see from those pioneering reports, the known iron caves in Minas Gerais are concentrated in the Quadrilátero Ferrífero area. In the Amazon, especially in Serra dos Carajás (Pará), which currently shelters the highest number of iron caves known in Brazil, they were first mentioned in studies in the 1970s. However, it was only in the subsequent decade that more detailed and systematic studies started to be conducted.

A region that has recently been gaining focus in the speleologic scenario of Minas Gerais because it features important iron caves is Southern Espinhaço Range. Due to studies related to environmental assessment for mining operations, it is now estimated that over 300 iron caves have been identified, and that number may increase with the intensification of studies in the area.

As maiores concentrações de cavernas ferríferas identificadas até o momento na Serra do Espinhaço Meridional ocorrem na região de Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro. Elas estão inseridas na face leste da serra, onde ocorrem rochas de origem sedimentar e vulcânica, com idades que superam dois bilhões de anos. Entre as rochas sedimentares mais recentes, destaca-se a canga, formada a milhões de anos, composta por fragmentos de rochas mais antigas (clastos), cimentados por matriz rica em ferro. A canga recobre algumas superfícies da paisagem na forma de carapaças de coloração acinzentada bastante dura e praticamente sem coberturas de solo. Abaixo dessas carapaças ocorrem rochas sedimentares mais antigas, que estiveram sujeitas a metamorfismo, como o itabirito, rocha rica em hematita e sílica (Grupo Serra da Serpentina) e o quartzito, uma rocha predominantemente silicosa originada de sedimentos continentais e marinhos (Supergrupo Espinhaço e Grupo Serra da Serpentina). Muitas cavernas da região se formaram nas cangas, em itabiritos e quartzitos, ou mesmo no contato entre eles, como será visto mais adiante. Abaixo de todo esse pacote rochoso estão os remanescentes da antiga crosta. São rochas intensamente metamorizadas, conhecidas como gnaisses, que estiveram sujeitas a temperaturas e pressões extremamente elevadas. São muito raras as cavernas nesse tipo de rocha.

O maior número de cavernas está inserido, predominantemente, no itabirito, na canga e no contato entre os dois, como a CAI-03, uma importante caverna localizada em Conceição do Mato Dentro. Um pouco menos comuns, mas não menos significativas, são as cavernas desenvolvidas no contato entre o itabirito e o quartzito, caso da CAV-0034, e de um dos sistemas subterrâneos mais expressivos da região: o Sistema Lapa do Grotão, sobre o qual iremos tratar de modo detalhado ao longo deste capítulo.

Apesar da existência de afloramentos de itabirito e canga (rochas consideradas de alto potencial para a formação de cavernas) ser relativamente restrita na região, o potencial espeleológico é grande, e um fator relevante para esse elevado potencial é o forte controle das estruturas geológicas impresso no relevo. Nas proximidades de Morro do Pilar foi possível constatar que grande parte das cavernas está associada a sistemas de falha ou fraturas existentes nas rochas.

The highest concentrations of iron caves identified to date in Southern Espinhaço Range are in the region of Morro do Pilar and Conceição do Mato Dentro. These are inserted in the eastern face of the range, where there are sedimentary and volcanic rocks that are over two billion years old. Among the most recent sedimentary rocks, the canga stands out. It consists of fragments of more ancient rocks (clasts), cemented together by an iron-rich matrix formed millions of years ago. The canga covers some surfaces of the landscape in the form of grayish and quite hard carapaces with almost no soil cover. Under these carapaces, there are older sedimentary rocks that have been subject to metamorphism such as itabirite, a hematite and silica rich rock (Serra da Serpentina Group), and quartzite, a predominantly siliceous rock originating from continental and marine sediments (Espinhaço Supergroup and Serra da Serpentina Group). Many caves in the area were formed from cangas, itabirites and quartzites, or even from the contact between them. The remains of the ancient crust are underneath these rock unities. They are highly metamorphized rocks known as gneiss that were subject to extremely high temperature and pressure. Caves in this type of rock are very rare.

A high number of caves are predominantly inserted in itabirite, canga and in the contact between both, such as CAI-03, an important cave located in Conceição do Mato Dentro. The caves developed in the contact between itabirite and quartzite are somewhat less common but no less significant. This is the case of CAV-0034, one of the most impressive underground systems in the area: the Grotão Cave System will be further detailed.

Despite the fact that itabirite and canga outcrops (rocks that are seen as having high potential for the formation of caves) are relatively restricted in the area, there is high cave potential, and an important reason is the strong role of the existing geological structures. Near Morro do Pilar, it is possible to conclude that most of the caves are associated with fault or fracture systems.

CAVES IN IRON FORMATIONS



Afloramentos de itabirito no topo da Serra da Ferrugem, Conceição do Mato Dentro. JB

Itabirite outcrops at the top of Ferrugem ridge, Conceição do Mato Dentro.



Típica inserção na paisagem de uma caverna em rocha ferrífera, na Serra da Serpentina, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Typical geomorphological context of a iron cave in Serpentina ridge, Conceição do Mato Dentro.

DISTRIBUIÇÃO DAS CAVERNAS
FERRÍFERAS NOS MUNICÍPIOS DE
CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E
MORRO DO PILAR

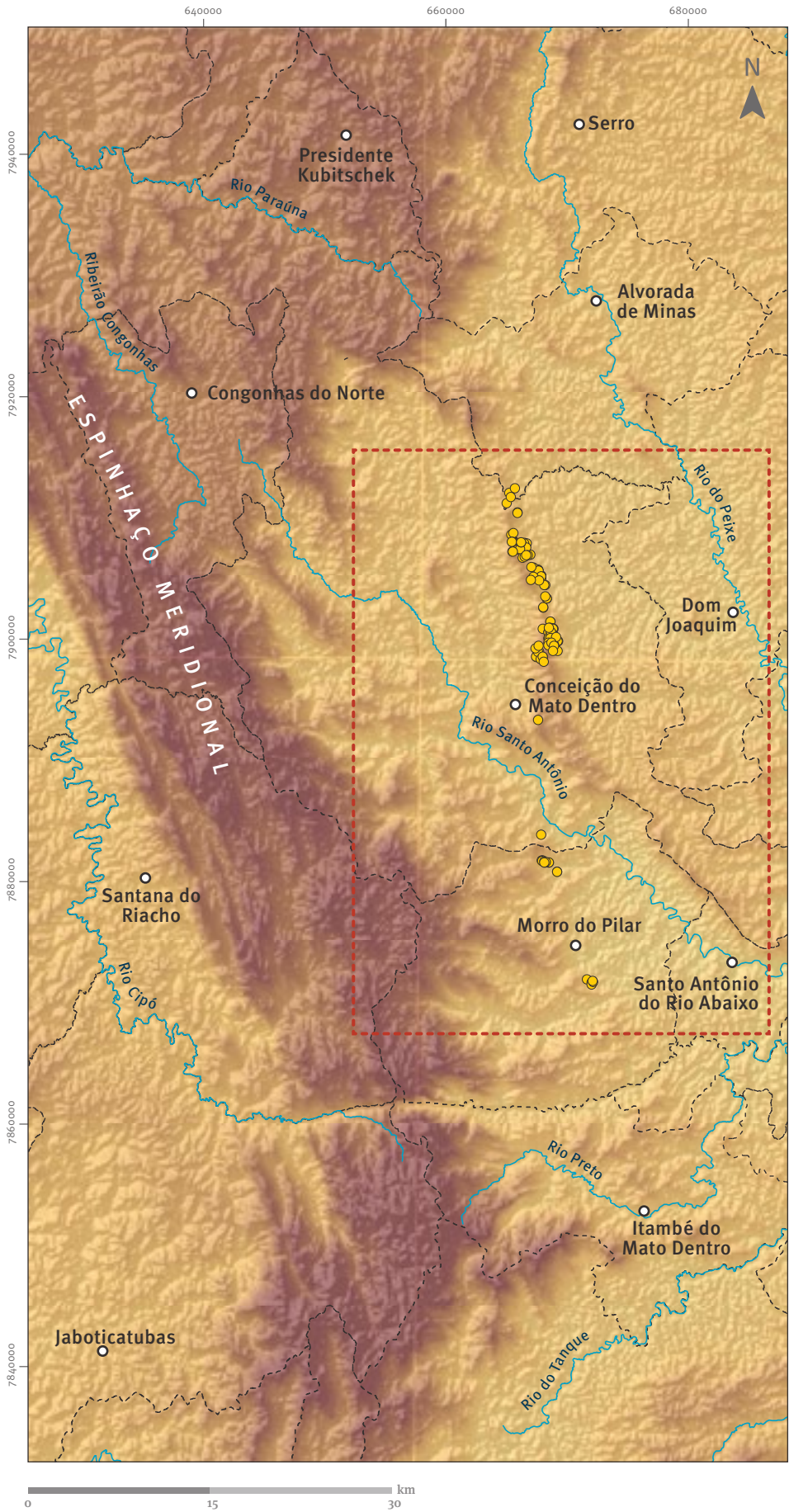
DISTRIBUTION OF IRON CAVES IN THE
MUNICIPALITIES OF CONCEIÇÃO DO MATO
DENTRO AND MORRO DO PILAR

- Cavernas
Caves
- Sedes municipais
Main cities
- Principais rios
Main rivers
- Limites municipais
Municipal boundary

ALTIMETRIA (m)
Elevation



Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45° WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SAD'69



GEOLOGIA DA REGIÃO DE CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E MORRO DO PILAR

GEOLOGY OF CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO AND MORRO DO PILAR AREA

ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

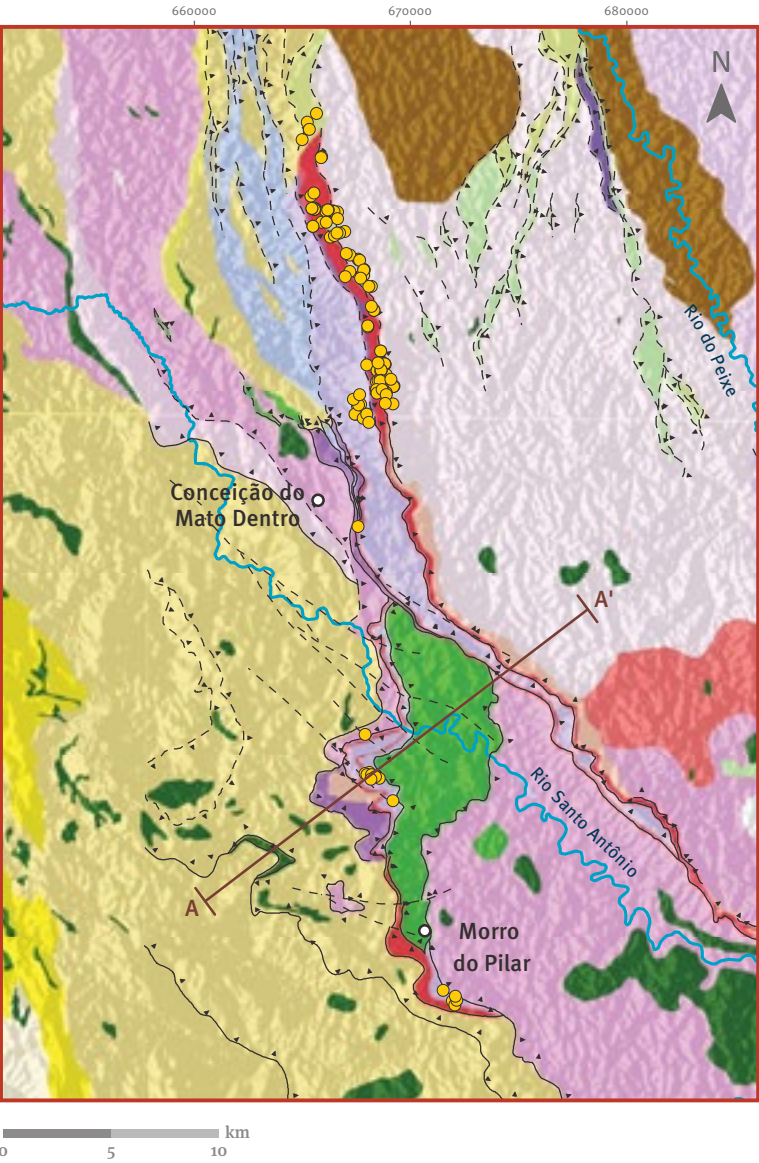
Geological Structures

- Falha de empurrão

Thrust fault
- Falha de empurrão inferida

Inferred fault
- Falha indiscriminada inferida

Indiscriminate thrust fault



UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS

Lithostratigraphic Units

CENOZÓICO - Cenozoic

- Depósitos Aluvionares - Alluvial deposits
- Canga - Canga

MESOPROTEROZÓICO - Mesoproterozoic

Supergrupo Espinhaço

- Formação São João da Chapada
- Formação Galho do Miguel
- Formação Sopa-Brumadinho
- Formação Itapanhoacanga

Grupo Serra da Serpentina

- Unidade Itabirítica
- Unidade Xistosa
- Unidade Filítica
- Unidade Quartzítica

PROTEROZÓICO - Proterozoic

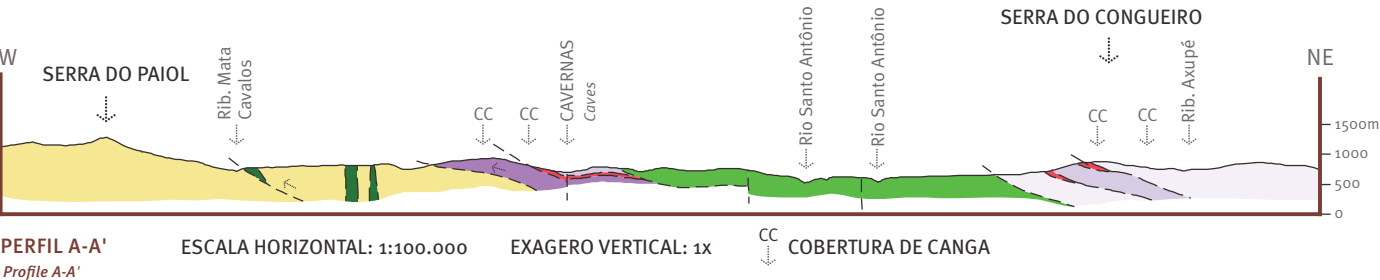
- Grupo Serro
- Grupo Costa Sena
- Grupo Conselheiro Mata
- Grupo Bambuí
- Grupo Macaúbas

ARQUEANO - Archean

- Sequência Vulcano Sedimentar Rio Mata Cavalo
- Grupo Guanhães
- Complexo Gouveia
- Complexo Basal

Rochas intrusivas - Intrusive rocks

- Metabásica - Metabasic rocks
- Unidade Conceição do Mato Dentro
- Granitóides - Granitoid
- Suíte Borrachudos



As cavernas

Na vertente oriental da Serra do Espinhaço Meridional, os municípios de Conceição do Mato Dentro e de Morro do Pilar concentram, além de grande número de cavernas, algumas das mais expressivas da região. Conceição do Mato Dentro, com cerca de 18.000 habitantes, é um importante polo turístico e econômico da Serra do Espinhaço. Morro do Pilar, localizada aproximadamente a 30 km ao sul de Conceição do Mato Dentro, é hoje uma cidade relativamente pacata, que teve seu momento áureo com a instalação da primeira fundição de ferro do Brasil em 1809, a Real Fábrica de Ferro, fundada por Manoel Ferreira da Câmara, historicamente conhecido como Intendente Câmara. Nos arredores da cidade ainda é possível encontrar as antigas minas e galerias escavadas para a exploração de ferro.

As cavernas da região estão concentradas majoritariamente na porção centro-sul do município de Conceição do Mato Dentro e na porção centro-norte do município de Morro do Pilar, distribuídas tanto a sul, quanto a norte da sede municipal. As cavernas estão posicionadas num intervalo entre 600 e 1.100 m de altitude, ao longo das encostas de serras e, em alguns casos, nas margens de cursos d'água. Algumas cavernas da região têm suas entradas no interior de dolinas.

Características e dinâmica evolutiva das cavernas

Na região abordada neste capítulo, grande parte das cavernas se desenvolve em itabirito (Grupo Serra da Serpentina), em quartzito (Formação Sopa Brumadinho e Grupo Serra da Serpentina) e na canga. Como já mencionado, é comum que ocorram cavernas no contato entre esses três tipos rochosos, tendo em vista que as zonas de contato entre rochas constituem descontinuidades que facilitam a penetração da água no pacote rochoso.

Cavernas no contato itabirito – canga

Dentre as cavidades existentes no contato entre o itabirito e a canga, destaca-se a caverna CAI-03, que é um belo exemplo do poder de penetração da água ao longo das descontinuidades existentes no contato entre dois tipos de rocha. O teto foi elaborado em uma canga de composição

The caves

On the eastern slopes of Southern Espinhaço Range, the cities of Conceição do Mato Dentro and Morro do Pilar have a concentration of many caves, some of which are among the most significant in the area. Conceição do Mato Dentro, with approximately 18,000 inhabitants, is an important tourism and economic center at Espinhaço Range. Morro do Pilar, located approximately 30 km to the south of Conceição do Mato Dentro, is a quiet city that experienced its golden age with the installation of the first iron smelting plant in Brazil in 1809, the Real Fábrica de Ferro founded by Manoel Ferreira da Câmara, who is historically known as Intendente Câmara. It is still possible to find the former mines and galleries excavated to explore iron in the vicinity of the city.

The caves in the area are mainly concentrated in the central-southern portion of the municipality of Conceição do Mato Dentro and in the central-northern portion of the municipality of Morro do Pilar, distributed both to the south and to the north of the municipal headquarters. The caves are located within an interval between 600 and 1,100 m of elevation along the mountain slopes and, in some cases, on the margins of rivers. The entrances of some caves in the area are located inside dolines.

Characteristics and evolutive dynamics of the caves

In the area discussed in this chapter, a major section of the caves is developed in itabirite (Serra da Serpentina Group), in quartzite (Sopa Brumadinho Formation and Serra da Serpentina Group) and in canga. As mentioned earlier, there are usually caves in the contact between these three rock types, as contact zones between rocks are discontinuities that favor the penetration of water.

Caves in the contact between itabirite and canga

Among the existing caves created in the contact between itabirite and canga, CAI-03 cave is a beautiful example of the penetrating power of water along the discontinuities in the contact between two types of rock. The ceiling was formed in

heterogênea quanto à constituição e tamanho dos clastos. A canga nessa caverna possui clastos de grande dimensão (alguns com dimensões superiores a 1 m), com extremidades arredondadas. Essa configuração dos clastos indica que houve transporte do material sedimentar em ambiente de alta energia antes de ter sido depositado.

Diferentemente da CAI-03, a canga observada nas demais cavernas da área possui clastos pequenos (em geral de dimensões inferiores a 10 cm) e de extremidades angulosas. Assim como no Quadrilátero Ferrífero e em Carajás, a angulosidade dos clastos da canga indica que houve pouco transporte do sedimento desde a área em que foi gerado até o local onde se depositou. O itabirito na caverna CAI-03 encontra-se bastante alterado e ocupa as partes inferiores das paredes e está em contato abrupto com a canga presente no teto.

A caverna CAI-03 possui salões espaçosos, conectados por passagens bastante estreitas e baixas. No salão de entrada, o teto é alto e abobadado, e ainda preserva as formas em baixo relevo deixadas pelos enormes blocos que se desprenderam, depositando-se ao longo de praticamente todo o piso. Esse salão conecta-se por uma passagem baixa a dois condutos interiores, que possuem teto ligeiramente mais baixo que o salão de entrada e, diferentemente deste, o piso é recoberto por sedimentos finos, principalmente areia.

a heterogeneous canga in terms of clast constitution and size. Canga in that cave contains large clasts (some larger than 1 m) with round edges. That clast configuration indicates that sedimentary material was transported in a high energy environment before it was deposited.

Unlike CAI-03, the other caves in the area have small clasts (in general, smaller than 10 cm) with angular edges. As in other areas, such as in the Quadrilátero Ferrífero and Carajás, that type of material indicates that less sediment was transported from the area where it was generated to the place where it was deposited. Itabirite in CAI-03 cave is tectonically disturbed, and it occurs in the lower parts of the walls. It is in abrupt contact with the canga on the ceiling.

CAI-03 cave has spacious rooms connected by quite narrow and short passages. The ceiling is high and vaulted in the entrance room, and it still preserves the bas-relief forms of the large blocks that came off and were deposited along the entire floor. This room is connected by a low passage to two inner passages whose ceiling is slightly lower than that of the entrance room and, unlike it, the floor is covered by fine grained sediments, particularly sand.



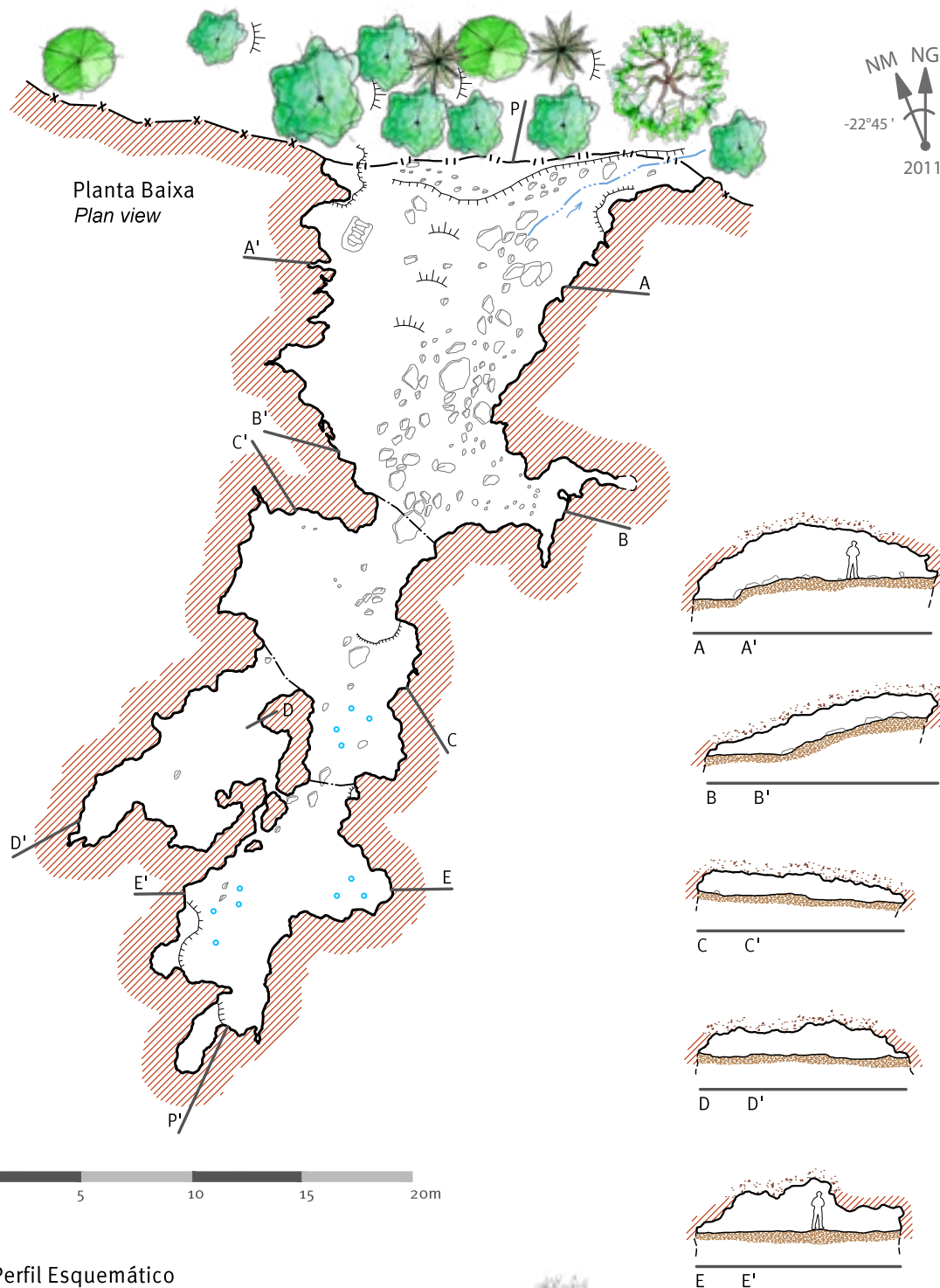
Salões espaçosos com conexões estreitas, na caverna CAI-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Large passage with narrow connections in CAI-03 cave, Conceição do Mato Dentro.

CAVERNA CAI-03
CAI-03 Cave
Conceição do Mato Dentro, MG

Altitude/ Elevation: 779 m
Projeção horizontal/ Length: 74 m
Desnível/ Depth: 2,5 m
Área/ Area: 396 m²
Volume aproximado/ Volume: 485 m³
Classificação BCRA/ Survey grade: 4C

-  Itabirito
Itabirite
-  Canga
Canga
-  Sedimento
Sediment
-  Contorno externo/ Afloramento
Outcrop
-  Parede interna
Cave wall
-  Contorno inferido
Inferred wall
-  Projeção de teto baixo
Narrow passages
-  Projeção linha d'água
Drip line
-  Drenagem intermitente
Intermittent drainage
-  Desnível abrupto
Abrupt slope
-  Desnível suave
Gentle slope
-  Gotejamento
Dripping
-  Blocos
Breakdown
-  Fogão
Wood stove
-  Indicação de perfil / seção
Profile/ Section indication
-  Escala humana h=1,75m
Human scale h=1,75m
-  Vegetação
Vegetation





A canga observada na caverna CAI-03 destaca-se pelo tamanho dos fragmentos que a formam: calhaus e grandes blocos são abundantes em sua constituição, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

The canga in CAI-03 cave is characterized by the abundance of large clasts, Conceição do Mato Dentro.



Salão de entrada amplo com teto abobadado da caverna CAI-03 que ganhou altura devido aos abatimentos de blocos, hoje dispostos no piso, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Large entrance chamber at CAI-03 cave. The arched ceiling is due to ceiling collapse, with large fallen blocks at the floor, Conceição do Mato Dentro.



O itabirito, de cor acinzentada, presente nas paredes da caverna CAI-03 destaca-se da canga composta por grandes blocos no teto, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Greyish itabirite in the walls of CAI-03 cave is in contrast with the canga composed of large clasts in the ceiling, Conceição do Mato Dentro.

Salões espaçosos com conexões estreitas normalmente indicam que essas ligações foram feitas tardiamente, havendo, inicialmente, desenvolvimento de câmaras de forma isolada.

Esses estreitamentos e alargamentos de condutos observados na caverna CAI-03 também ocorrem em outras cavidades e dão a essas cavernas formas parecidas às de uma esponja. A caverna CSF-02 apresenta essa configuração, além de inúmeras irregularidades do piso, que é completamente recoberto por crostas ferruginosas, um tipo de espeleotema extremamente abundante nessa gruta. Na maioria das cavernas, esse tipo de recobrimento se dá em pequenos segmentos, conferindo maior resistência aos processos de alteração e dismantelamento da rocha. No entanto, na caverna CSF-02, essa resistência é lentamente vencida pela perenidade das águas que drenam a gruta, escavando grandes depressões, entalhando-a a ponto de gerar um estreito e profundo canal de escoamento.

A existência de corpos de água é algo pouco comum nas cavernas ferríferas e, particularmente, no conjunto de cavernas conhecido na região de Conceição do Mato Dentro, drenagens subterrâneas permanentes são raras. Há, entretanto, cavernas formadas nos espaços vazios gerados nos depósitos de grandes blocos rolados (depósitos de tálus) ao longo das vertentes que edificam as serras. Estes blocos depositam-se nas margens de cursos de água e, eventualmente, recobrem o leito dos riachos, criando as cavernas. Essas cavidades ocorrem principalmente nas encostas oeste da serra, pois as estruturas geológicas criam degraus mais abruptos nessa borda, diferentemente das encostas suaves a leste.

Em geral, as cavernas alojadas na canga apresentam teto e paredes com superfícies bastante irregulares, o que pode estar associado à própria composição da canga, com fragmentos de rocha dispostos caoticamente. No teto, pendentes, que se caracterizam pela forma cônica invertida, também são responsáveis por imprimir maior irregularidade às feições cavernícolas.

Spacious rooms with narrow connections usually indicate that the connections occurred later in the evolutionary history of the cave. Initially, isolated chambers were developed.

The narrowings and broadenings seen in the passages in CAI-03 cave also occur in other caves, and they result in a pattern resembling a sponge, sometimes indicating that there may be a later connection between the chambers that would have been formed in isolation. CSF-02 cave has this configuration in addition to several irregularities on the floor, which is completely covered by iron crust, a type of speleothem that is extremely abundant in that cave. In most of the caves, that type of cover occurs in small segments, restricting rock alteration and dismantling processes. However, that protection was slowly overcome in CSF-02 cave by the action of the waters that drained the cave, excavating large depressions and generating a narrow and deep outflow channel.

Water bodies are not very common in iron caves, and especially in the group of caves known in the area of Conceição do Mato Dentro, permanent underground drainage is rare. Nevertheless, there are caves formed in the voids generated in the deposits of large fallen blocks (talus deposits) along the slopes that build the ridges. These blocks are deposited on the margins of watercourses, and they eventually cover creek beds, creating caves. Those caves appear mainly on the western slopes of the ridge because the geological structures create more abrupt steps on that edge, unlike the smoother slopes to the east.

In general, caves on canga feature ceilings and walls with quite irregular surfaces, which may be associated with the canga composition, composed of chaotically arranged rock fragments. Pendants on the ceiling are characterized by an inverted cone shape, and they are also responsible for making the cave profile more irregular.



No piso da caverna CSF-02, recoberto por extensas crostas, as depressões estão preenchidas por água e sedimento, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

The floor of CSF-02 cave is covered by crust and contains depressions filled with water and sediment, Conceição do Mato Dentro.



Piso da caverna CSF-02, recoberto por crostas entalhadas por drenagem. As superfícies das paredes também são recobertas por crostas ferruginosas. Conceição do Mato Dentro. LA/VM
The floor of CSF-02 cave is covered with crusts and has been incised by a drainage. The walls also present widespread occurrence of ferruginous crust. Conceição do Mato Dentro.



Crostras ferruginosas na caverna CSF-02, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Ferruginous crusts in CSF-02 cave, Conceição do Mato Dentro.

Morfologicamente distintas, as cavernas em itabirito apresentam teto e paredes com superfícies mais regulares que as de canga, como observado na caverna CSS-01. Nessas, as superfícies estão condicionadas aos planos estruturais da rocha. Em algumas cavernas da região de Conceição do Mato Dentro, as fraturas verticalizadas determinam o desenvolvimento dos condutos, como é o caso da gruta CSS-69. Essa caverna tem um conduto principal quase retilíneo, com poucas variações na largura e alguns pequenos prolongamentos laterais perpendiculares e oblíquos à direção desse conduto. Em alguns casos, as fraturas verticais, ao interceptarem planos geológicos sub-horizontalizados, como a inclinação das camadas que configura paredes inclinadas, fazem recortes bruscos, dando origem a feições angulosas, como destacado na gruta CSS-03.

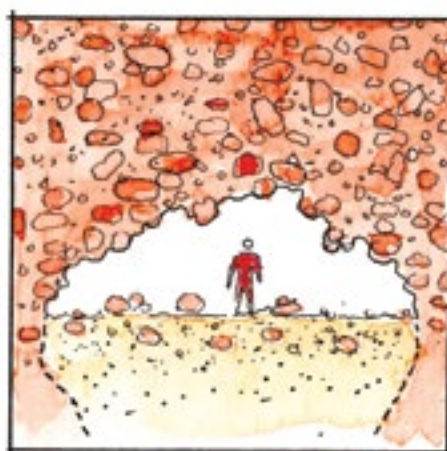
Morphologically distinct, the caves in itabirite feature ceilings and walls with surfaces that are more regular than those in canga, as seen in CSS-01 cave. There, the surfaces are controlled by the rock's structural plans. In some caves in the area of Conceição do Mato Dentro, the vertical joints control the development of the passages, as in CSS-69 cave. That cave has an almost rectilinear main passage with little variation in width and some small perpendicular and oblique side passages. In some cases, the vertical fractures make sudden cuts when they intercept sub-horizontalized geological planes such as the inclination of the layer that configures inclined walls, originating angular profiles as highlighted in CSS-03 cave.

COMPARAÇÃO ENTRE SEÇÕES TRANSVERSAIS DE CAVERNAS EM CANGA E ITABIRITO

COMPARISON BETWEEN CROSS SECTIONS OF CAVES IN CANGA AND ITABIRITE



CSF-50



CAI-03



CSS-69

Comparação entre seções transversais das cavernas CSF-50, com pontões rochosos associados aos planos inclinados do itabirito; CAI-03, com teto arqueado devido aos abatimentos e; CSS-69, onde o entalhamento do conduto foi condicionado por uma fratura vertical. VM

Comparison between cross sections of CSF-50 cave, with jagged projections associated with the inclined itabirite bands; CAI-03 cave, with arched ceiling due to collapse and CSS-69 cave, where the incision of the floor followed a vertical joint.

CAVES IN IRON FORMATIONS



Caverna CSS-01, onde as formas regulares das paredes e teto acompanham os planos estruturais do itabirito, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
CSS-01 cave, showing regular walls and ceiling associated with structural plans of the itabirite, Conceição do Mato Dentro.



As fraturas verticalizadas condicionam o desenvolvimento dos condutos na caverna CSS-69, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Vertical joints control the development of passages in CSS-69 cave, Conceição do Mato Dentro.



Caverna CSS-69, cujas paredes e teto acompanham os planos geológicos, demonstrando um forte condicionamento estrutural, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

CSS-69 cave, showing walls and ceiling controlled by geological and structural plans, Conceição do Mato Dentro.

CAVERNA CSS-69
CSS-69 Cave
Conceição do Mato Dentro, MG

Altitude/ Elevation: 735 m
Projeção horizontal/ Length: 87,9 m
Desnível/ Depth: 19,7 m
Área/ Area: 176,9 m²
Volume aproximado/ Volume: 266 m³
Classificação BCRA/ Survey grade: 4C

- Itabirito

Itabirite

Sedimento

Sediment

Contorno externo/ Afloramento

Outcrop

Parede interna

Cave wall

Contorno inferido

Inferred wall

Projeção linha d'água

Drip line
- Desnível abrupto

Abrupt slope

Desnível suave

Gentle slope

Blocos

Breakdown

Muro de concreto

Concrete wall

A A'

Indicação de perfil / seção

Profile/ Section indication

Escala humana h=1,75m

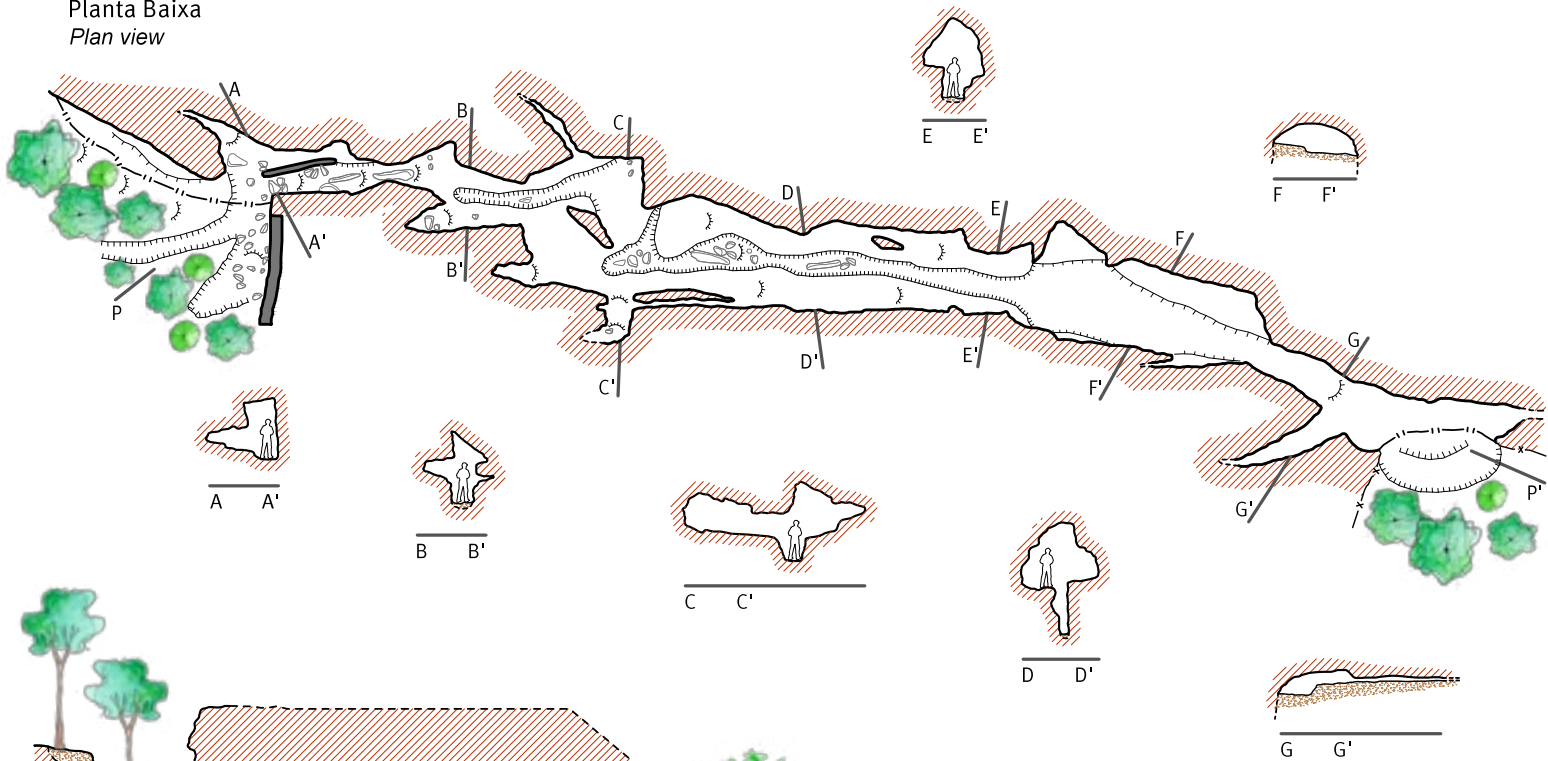
Human scale h=1,75m

Vegetação

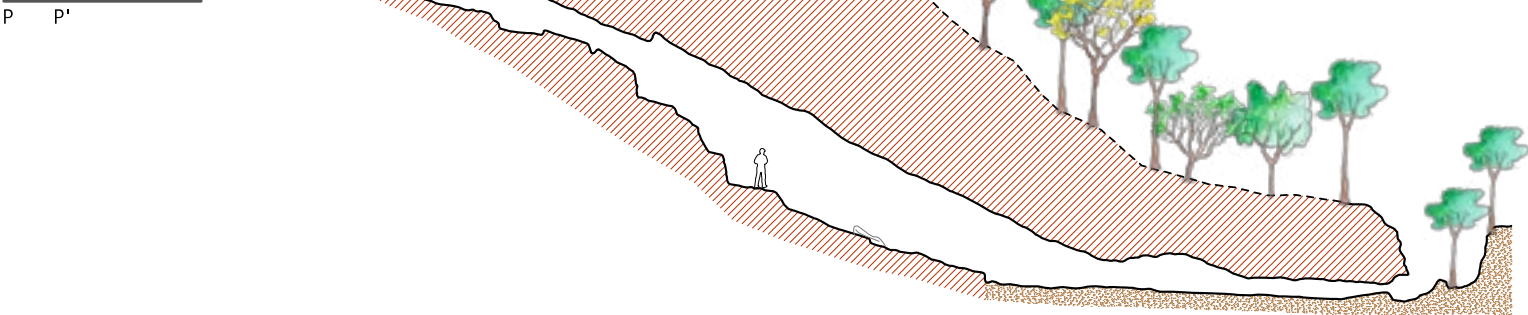
Vegetation



Planta Baixa
Plan view



Perfil Esquemático
Schematic profile





Interseções entre planos geológicos dão origem a feições morfológicas angulosas na caverna CSS-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Intersections between geological plans, resulting in the angular morphology of CSS-03 cave, Conceição do Mato Dentro.

Conexões tardias entre salões e/ou com o meio externo são comuns em cavernas de canga e itabirito, formadas predominante pela dissolução de minerais, possivelmente intermediados por ação microbiológica, como têm demonstrado estudos recentes. A conexão da cavidade com o exterior se dá à medida que a erosão da paisagem externa avança vertente acima, num processo denominado erosão remontante. Nesse processo, é comum que parte de condutos ou mesmo cavernas inteiras sofram colapso e fragmentação juntamente com o maciço rochoso na qual estão inseridas. Isso explica por que grande parte das cavernas, principalmente aquelas formadas na canga e no itabirito, têm suas entradas na base de paredões ou mesmo de pequenas escarpas rochosas. A partir do momento em que é feita a conexão com o exterior, passa a haver a possibilidade de remoção mecânica dos minerais constituintes por soluções aquosas provindas do interior do maciço rochoso. Grande parte das cavernas ferríferas evoluem dessa maneira, ou seja, com a retirada dos minerais por erosão, pequenos canais se formam e expandem, formando condutos. Desse modo, essas cavernas tendem a

Late connections between rooms and/or with the surface environment are common in canga and itabirite caves and, in such events, the predominant process is the dissolution of minerals, possibly intermediated by microbiological action as evidenced by recent studies. The connection between the cave and the surface occurs as the erosion of the external landscape progresses towards the top of the slope in a process known as regressive erosion. In that scenario, it is common for part of the passages or even entire caves to experience collapse and fragmentation together with the mass rock in which they are inserted. This is why the entrances of a number of the caves, especially those formed in canga and itabirite, are located at the base of scarps or even small ridges. After the connection with the surface is established, constituent minerals can potentially be mechanically removed by aqueous solutions coming from the interior of the rock mass. Most of the iron caves evolve as described, that is, rock mass is removed by erosion and small channels are formed and expanded, forming passages. Thus, these caves tend to show the progressive enlargement of passages towards the entrance; the entrance is broader than

apresentar alargamento progressivo das galerias em direção à entrada, que é mais ampla que as partes finais da gruta e, geralmente, posicionada em suas partes mais baixas e voltadas para o fundo do vale.

Cavernas no contato itabirito-quartzito

Nas proximidades de Morro do Pilar, algumas cavernas estão inseridas no contato entre o itabirito e o quartzito. De um modo geral, as entradas dessas cavernas estão posicionadas na base de escarpas ou paredões, cuja altura pode chegar a dezenas de metros. É o caso da caverna CAV-0001A e da CAV-0034, entre outras. Menos comuns na região, entradas de cavernas no interior de dolinas também ocorrem, é o caso, por exemplo, da caverna CAV-0001B e de uma das entradas da CAV-0001A. Essas duas cavernas compõem um sistema subterrâneo conhecido na região como Lapa do Grotão. Trata-se de um antigo conduto, atualmente segmentado, devido ao colapso de parte do teto, que não apenas dividiu o conduto em dois, como formou uma imensa dolina circular, com aproximadamente 45 m de diâmetro e 30 m de profundidade.

the inner portions of the cave and is usually located in a lower area, down towards the bottom of the valley.

Caves in the contact between itabirite and quartzite

Near Morro do Pilar, some caves are inserted into the contact between itabirite and quartzite. In general, the entrances of these caves are located on the base of ridges or scarps whose heights may vary from some tens of centimeters to tens of meters: this is the case for CAV-0001A and CAV-0034 caves, among others. There are also cave entrances inside dolines, although they are less common in this area. This is the case, for example, for CAV-0001B cave and of one of the entrances of CAV-0001A. These two caves form an underground system known as Grotão Cave. It used to be a single passage but is currently segmented due to the collapse of part of the ceiling, which not only split the passage in two but also formed a large circular doline with a diameter of approximately 45 m and a depth of 30 m.

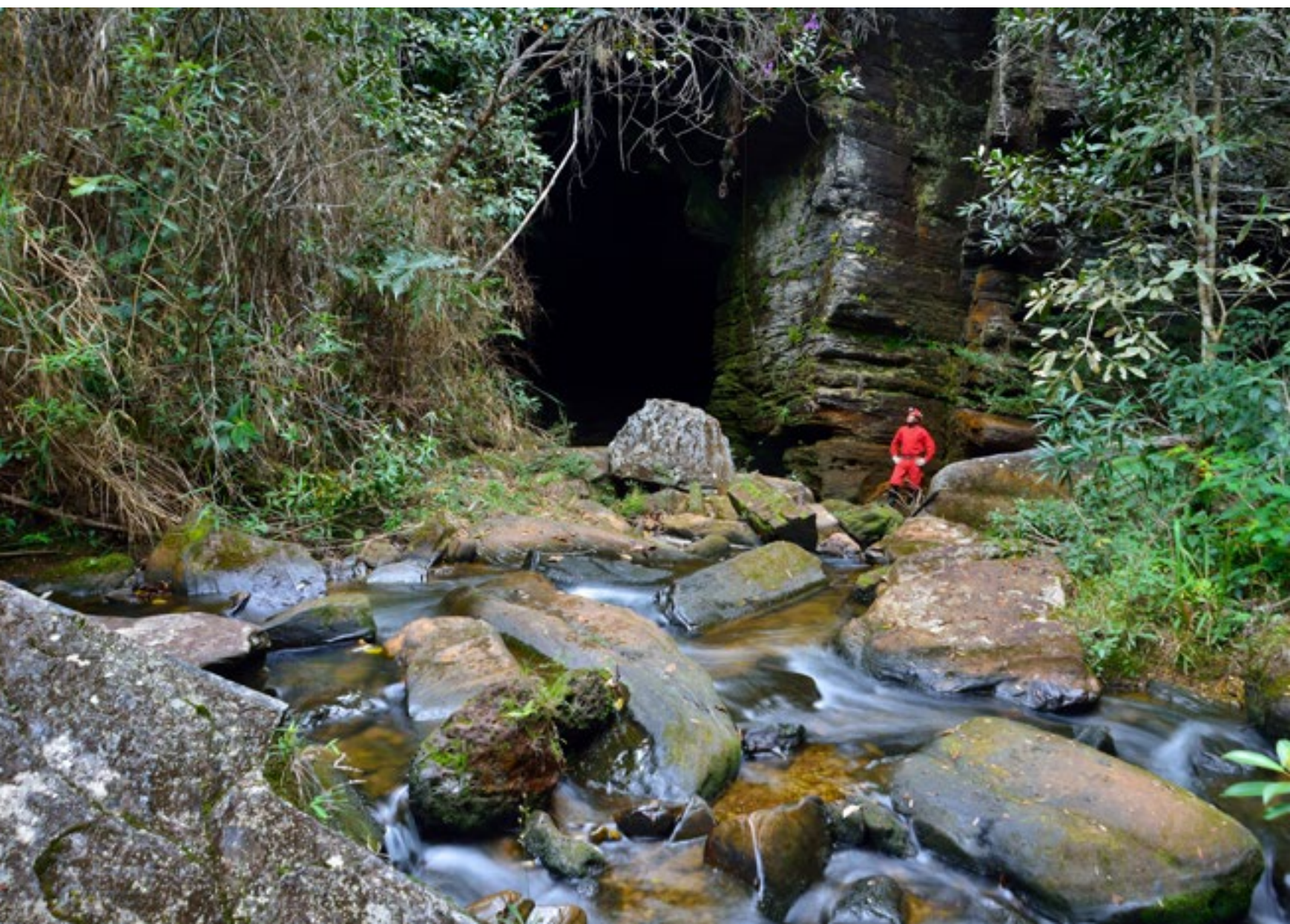


Vista da dolina que intercepta o conduto principal do sistema Lapa do Grotão. Com 45 m de diâmetro, essa depressão encerra uma vegetação exuberante. O espeleólogo está à frente da entrada inferior da CAV-0001A, Morro do Pilar. AC

Doline that separates the caves in the Grotão cave system. The depression is 45 m wide and presents luxuriant vegetation. Note the caver standing at the downstream entrance to CAV-0001A, Morro do Pilar.

O sistema Lapa do Grotão, ao contrário da maior parte das cavernas em rochas ferríferas, está inserido em uma drenagem perene. O sistema se desenvolve ao longo da calha de drenagem subterrânea do ribeirão das Lajes, que tem suas nascentes nos quartzitos. Ao se aproximar da gruta, é drenado ao longo de uma falha geológica, vista na paisagem na forma de um paredão retilíneo, com alinhamento noroeste-sudeste. Na extremidade sudeste do paredão, o ribeirão adentra um sumidouro, que é a entrada principal do sistema. Seguindo o mesmo vale, onde outrora foi a antiga rota de escoamento superficial do Lajes, resta apenas um vale seco, cujo alinhamento é paralelo ao desenvolvimento da gruta. Cabe mencionar que, como o ribeirão hoje adentra o sistema subterrâneo, o vale seco encontra-se atualmente suspenso em relação ao nível atual do ribeirão das Lajes.

The Grotão Cave System, unlike most of the iron caves, contains a permanent drainage. The system develops along an underground drainage trough that belongs to Lajes creek, whose sources are in quartzite. When the creek approaches the cave, it is drained along a geological fault seen on the landscape as a rectilinear scarp with northwest-southeast alignment. At the southeastern end of the wall, the creek enters a swallet that is the main entrance of the system. Following the same valley, which used to be the former surface outflow route of Lajes, there is just a dry valley whose alignment is parallel to the development of the cave. It is important to note that because the creek currently enters the underground system, the dry valley is suspended compared to the present level of Lajes Creek.



CAVES IN IRON FORMATIONS



Cachoeira próxima à entrada da CAV-0001A. Após adentrar a caverna, o ribeirão volta à superfície aproximadamente 500 m a jusante, em um cânion da margem esquerda do vale, Morro do Pilar. LA/VM

Waterfall close to the upstream entrance to CAV-0001A. The drainage resurges approximately 500 m downstream in a surface canyon at the left margin of the valley, Morro do Pilar.

Último ponto onde as águas do ribeirão das Lajes são vistas na CAV-0001B, Morro do Pilar. LA/VM

Last spot where the Lajes creek can be seen inside CAV-0001B, Morro do Pilar.

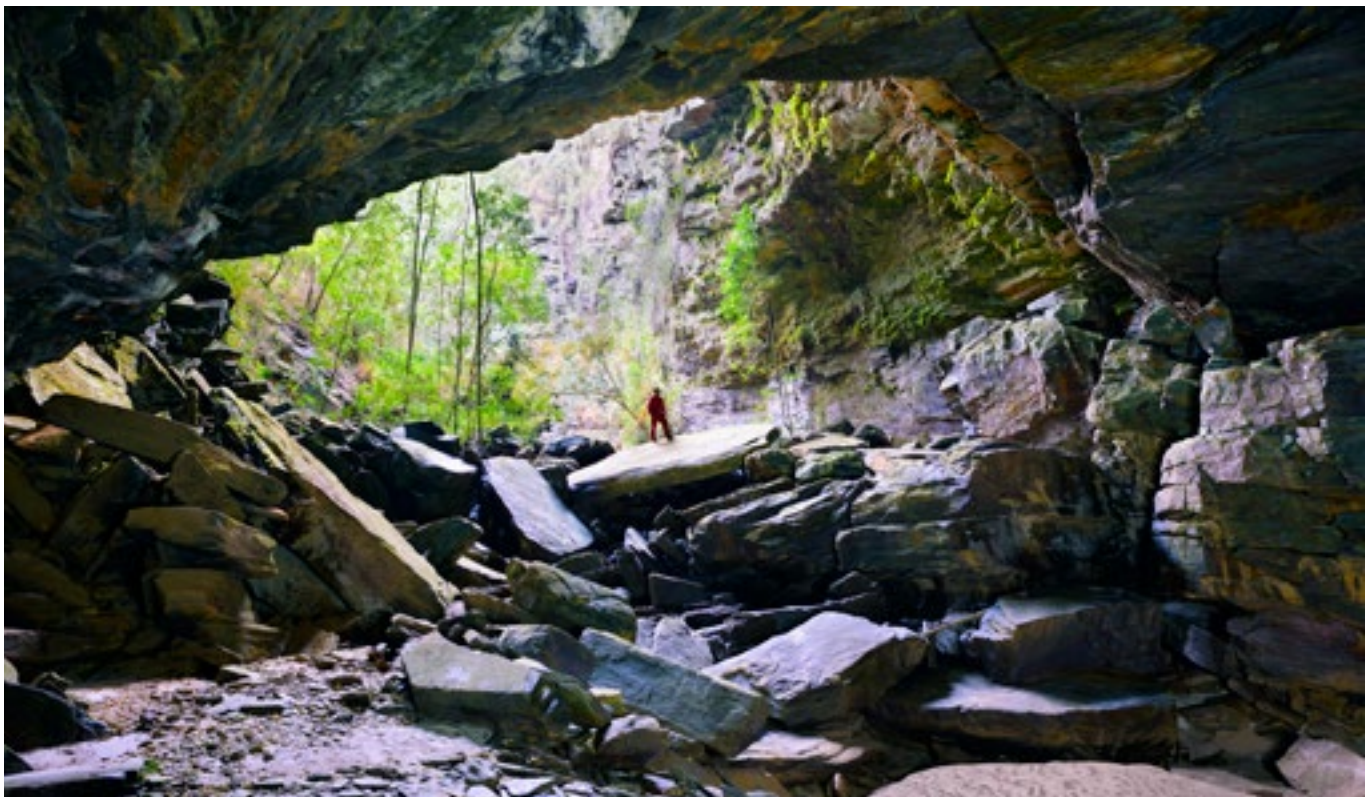


◀ Entrada superior da CAV-0001A que constitui um dos sumidouros do ribeirão das Lajes, Morro do Pilar. AC

Upstream entrance to CAV-0001A, with one of the swallets of Lajes creek, Morro do Pilar.



Vista interior da dolina, com a entrada da CAV-0001B ao fundo, Morro do Pilar. AC
View from the doline, with the entrance to CAV-0001B at distance, Morro do Pilar.



Desmoronamento na entrada da CAV-0001B, Morro do Pilar. LA/VM
Breakdown at the entrance of CAV-0001B, Morro do Pilar.



Desmoronamentos recobrem a maior parte do piso do Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. AC

Breakdown floor in Grotão cave system, Morro do Pilar.

A CAV-0034 encontra-se aproximadamente 250 m a sudeste da entrada da CAV-0001A. Sua entrada está mais elevada que esta última e localizada na base de uma parede rochosa, na margem esquerda do vale seco do ribeirão das Lajes. Pouco a jusante, nesse mesmo vale, já há fluxo superficial, em volume bastante inferior ao do ribeirão das Lajes, abastecido por tributários da margem direita.

CAV-0034 is approximately 250 m to the southeast of the entrance to CAV-0001A. CAV-0034 entrance is higher than the former, and it is located on the base of a scarp at the left margin of Lajes creek's dry valley. A little downstream in that same valley, there is surface flow at a quite lower volume than that of Lajes creek, supplied by tributaries from the right margin.



Entrada da CAV-0034, Morro do Pilar. AC

Entrance to CAV-0034, Morro do Pilar.

O sistema Lapa do Grotão e gruta CAV-0034, inseridas no contato entre o itabirito e o quartzito, desenvolvem-se, predominantemente, no primeiro tipo rochoso. O quartzito é observado apenas em alguns pontos, principalmente no teto das grutas. No sistema Lapa do Grotão, o contato entre as duas rochas é bastante nítido, pois se dá de forma abrupta, ou seja, sem que haja uma transição gradual na composição das duas

The Grotão Cave and the CAV-0034 cave system, inserted in the contact between the itabirite and the quartzite, predominantly develops in the former rock type. The quartzite is only seen at some points, especially at the cave ceiling. In the Grotão cave system, the contact between the two rocks is quite clear because it is abrupt, that is, there is no gradual transition in the composition of both rocks. Itabirite can be

rochas. O itabirito pode ser visto desde o piso até o teto ao longo de praticamente toda a galeria, enquanto o quartzito está limitado aos trechos em que o teto é mais alto, em cúpulas geradas pela queda de blocos. O mesmo pode ser dito sobre a CAV-0034, em que o quartzito está exposto apenas na entrada, onde o salão é mais volumoso.

seen from the floor to the ceiling along almost the entire gallery, while quartzite is limited to the sections where the ceiling is higher, in domes generated by the collapse of blocks. The same is true of CAV-0034, where the quartzite is exposed only at the entrance, which has a bigger room.

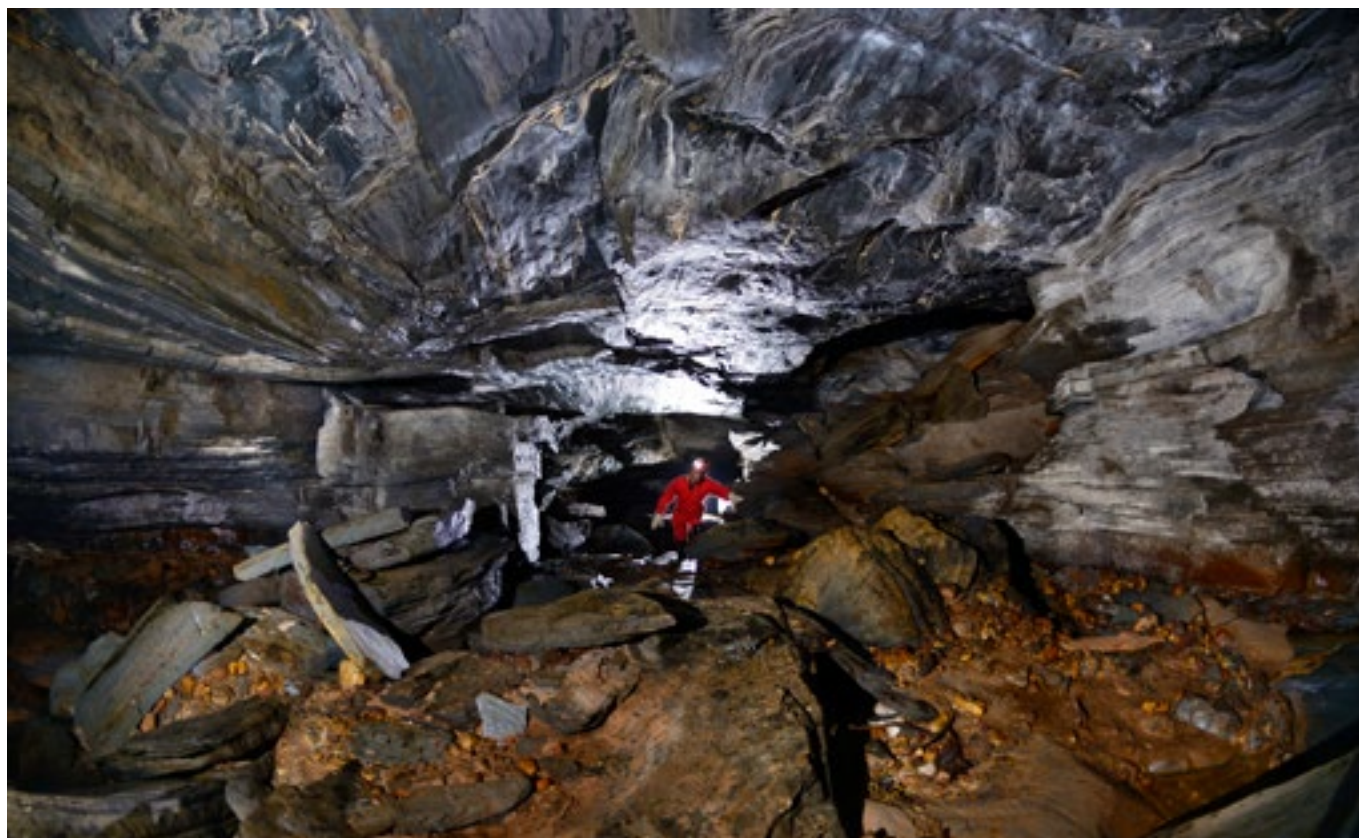


Contato nítido entre o quartzito, no topo e de coloração creme e o itabirito, na base, de cor cinza. Note que a linha de contato está inclinada e, assim como as camadas da rocha, estão mergulhadas para sudeste, a mesma direção de desenvolvimento da gruta, Morro do Pilar. AC

The contact between the quartzite (top - beige color) and the itabirite (base - grey color) is visible on the walls. Note that the contact, as well as the bedrock layers, dips to the southeast, concordant with the development of the cave, Morro do Pilar.

Muitas cavernas ferríferas, principalmente no Quadrilátero Ferrífero e em Carajás, se desenvolvem em rochas com elevado grau de alteração. No Quadrilátero Ferrífero, estudos têm demonstrado que a retirada do mineral silicoso do itabirito, por meio de processos químicos, é responsável pela concentração relativa do ferro e aumento da porosidade da rocha. Essa porosidade é de fundamental importância na formação das cavernas ferríferas, em sua maioria condicionadas às antigas camadas preenchidas por sílica que se intercalavam com as camadas de hematita. No entanto, ao contrário do que normalmente ocorre na maioria das cavernas ferríferas, no sistema Lapa do Grotão e na CAV-0034, o itabirito encontra-se pouco alterado e preserva suas camadas de sílica.

Many iron caves, especially at the Quadrilátero Ferrífero and in Carajás, develop in rocks with a high degree of alteration. At Quadrilátero Ferrífero, studies have shown that the removal of siliceous minerals from itabirite through chemical processes is responsible for the relative concentration of iron and for the increase of rock porosity. That porosity is highly important for the formation of iron caves, most of which are controlled by leached silica layers interspersed with hematite layers. However, unlike what usually happens in most of the iron caves, itabirite show limited alteration, and it preserves its silica layers in the Grotão cave system and CAV-0034 cave.



Itabirito com bandas de sílica preservadas exposto no teto da CAV-0001B, Morro do Pilar. AC

Itabirite showing preserved silica bands at the ceiling of CAV-0001B, Morro do Pilar.

A Lapa do Grotão se desenvolve predominantemente ao longo das camadas horizontalizadas da rocha, guiadas, em alguns setores, por estruturas verticais que as interceptam, como fraturas e falhas. Esse controle estrutural é bastante

Grotão cave mainly develops along the horizontal layers of rock, guided in some sectors by vertical structures such as fractures and faults that intercept these layers. That structural control is quite clear and the passage follows the



Detalhe das camadas de sílica (mais claras) e de hematita de cor cinza, Morro do Pilar. LA/VM

Close up view of silica (lighter) and hematite (darker) bands, Morro do Pilar.

nítido e a galeria acompanha uma leve inclinação (cerca de 11°) das camadas do itabirito que mergulham para a direção sudeste. Devido à grande extensão do sistema, o desnível total dos dois segmentos (CAV-0001A e B) atinge cerca de 60 m, e a extensão total é de 741 m, sendo 290 m na CAV-0001A e 451 m na CAV-0001B. O conduto, apesar de alinhado ao eixo noroeste-sudeste, possui algumas curvaturas ao longo de seu desenvolvimento. A mais expressiva está na extremidade noroeste (segmento que corresponde à CAV-0001A), onde o conduto faz uma curva de 180° , gerando dois trechos paralelos. Existem prolongamentos laterais ao conduto principal ao longo de todo o sistema subterrâneo. Esses trechos laterais são menos desenvolvidos e possuem teto predominantemente baixo. Em alguns deles existem pequenas surgências afluentes do ribeirão das Lajes, que é drenado para o interior de uma fratura próxima à entrada, e só volta a aflorar no final da gruta.

gentle inclination (approximately 11°) of itabirite layers that dip to the southeast. Due to the extension of the system, the total depth of the two segments (CAV-0001A and B) reaches approximately 60 m, and the total extension is 741 m, of which 290 m is in CAV-0001A and 451 m in CAV-0001B. The passage, although aligned with the northwest-southeast axis, has some curvature along its development. The most expressive curve is at the northwestern end (the segment that corresponds to CAV-0001A), where the passage bends 180° and generates two parallel sections. There are elongations next to the main passage along the entire underground system. The side sections are less developed, and they predominantly have a low ceiling. In some sections, there are small side tributaries to Lajes Creek, which sinks in the initial sector of the cave and only rises again at the end of the cave.

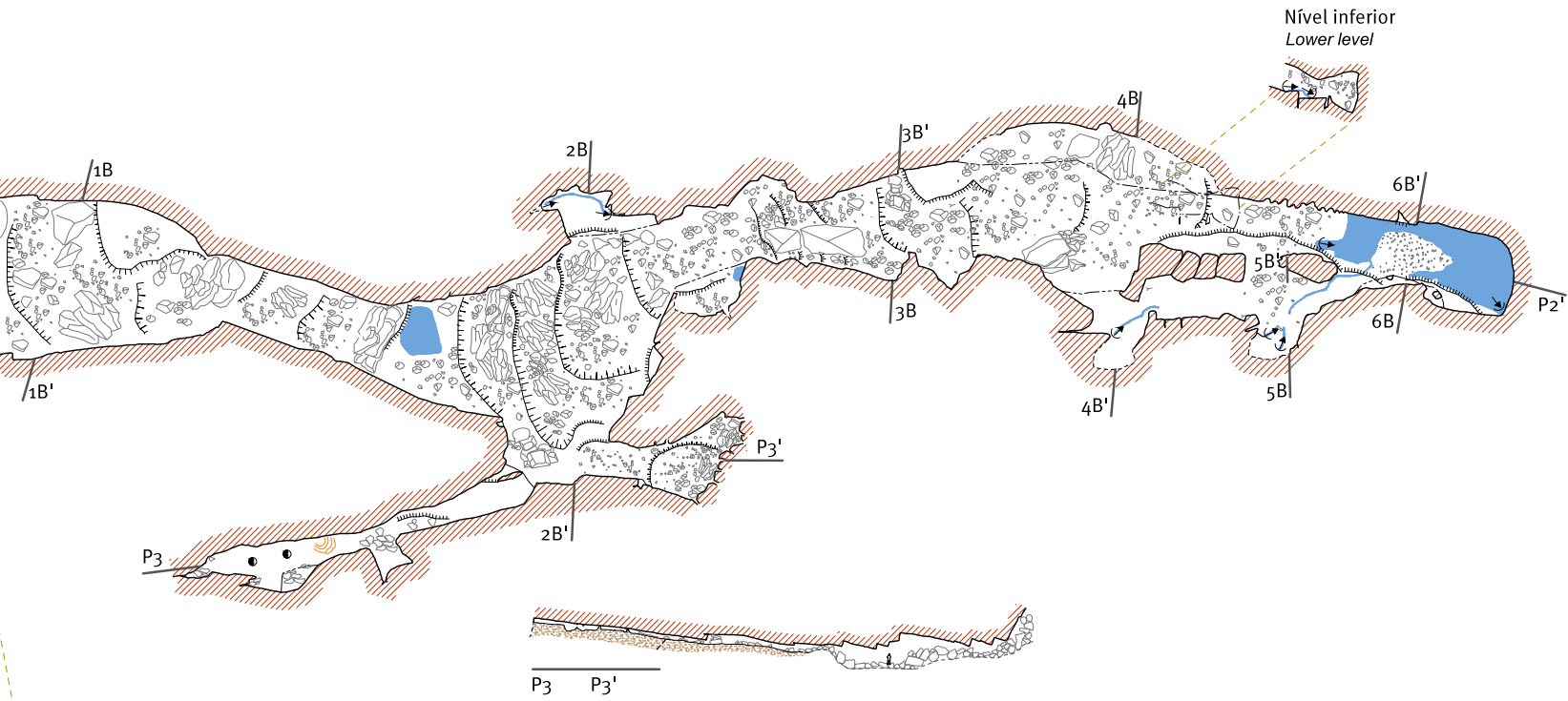




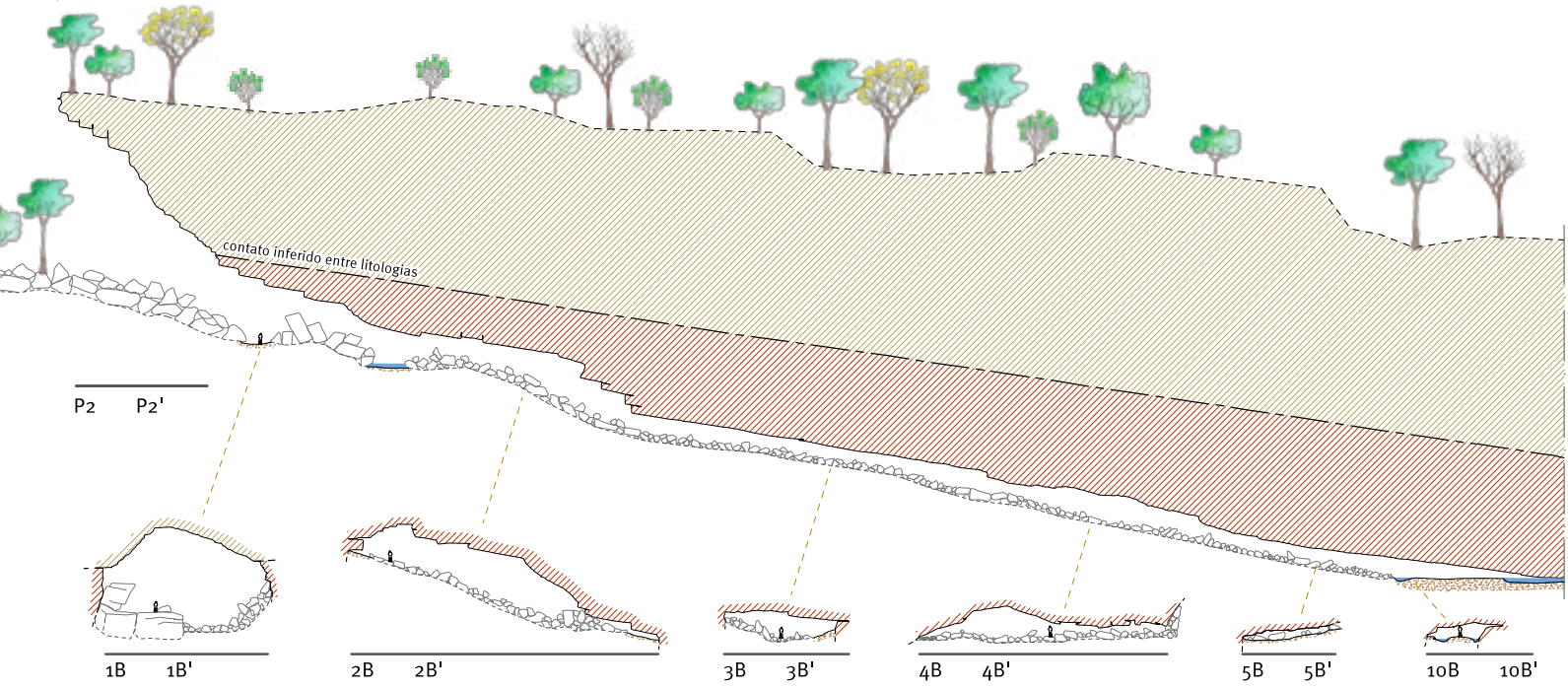
Em vários trechos do Sistema Lapa do Grotão, são visíveis Itabiritos com bandas de sílica preservadas, Morro do Pilar. AC

Itabirite with preserved silica bands can be observed in many sectors of Grotão cave system, Morro do Pilar.

SISTEMA LAPA DO GROTÃO
Grotão Cave System
[CAV-0001A e CAV-0001B]
Morro do Pilar, MG



CAV-0001B
Altitude/ Elevation: 733 m
Projeção horizontal/ Length: 451 m
Desnível/ Depth: 50 m
Área/ Area: 6.244 m²
Volume aproximado/ Volume: 16.923 m³
Classificação BCRA/ Survey grade: 5D



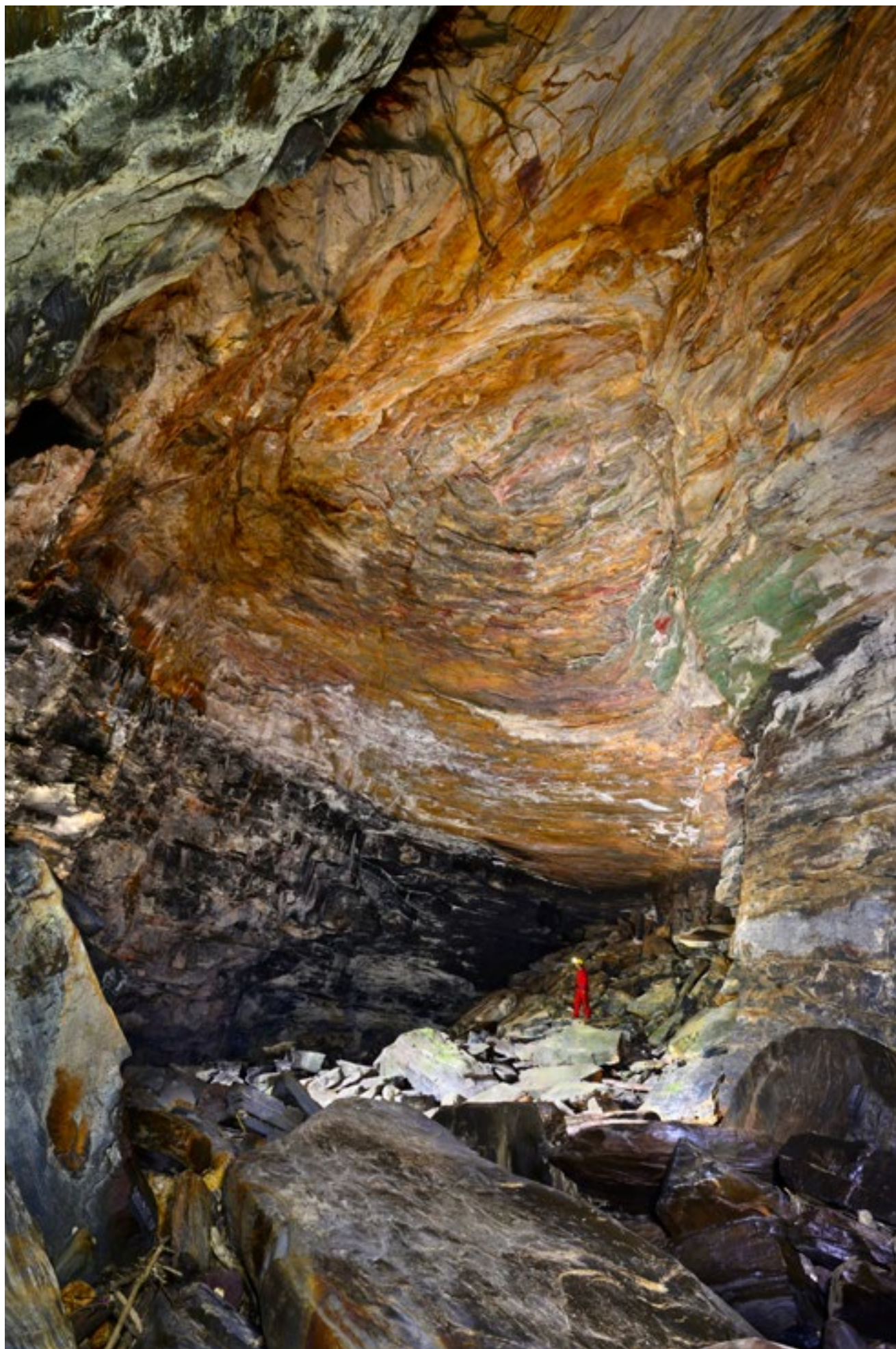
O volume total do Sistema Lapa do Grotão equivale a aproximadamente 32.000 m³. Para se ter uma ideia das dimensões desse sistema, seu volume é mais de 400 vezes superior ao volume médio das cavernas ferríferas do Quadrilátero Ferrífero. As seções transversais do conduto têm forma elíptica nos trechos de teto baixo e formas mais retangulares nos trechos mais volumosos, que estão próximos às entradas. Nesses pontos, o teto atinge alturas entre 18 e 25 m, em locais onde são também mais pronunciados os depósitos de blocos no piso, como o acúmulo de grandes blocos existentes próximo à entrada superior, e o pavimento de blocos no piso da dolina, que se estende por praticamente todo o interior do trecho final da caverna. Apesar de existir sedimento fluvial no interior do sistema, os blocos desprendidos das paredes e do teto constituem o tipo predominante de depósito sedimentar.

The total volume of the Grotão Cave System corresponds to approximately 32,000 m³. To give a sense of the size of that system, its volume is over 400 times larger than the average volume of an iron cave in Quadrilátero Ferrífero. The passage cross sections are elliptical at the low ceiling sections and more rectangular at the larger sections closer to the entrances. At those points, the ceiling reaches heights between 18 and 25 m, where the breakdown accumulation on the floor is also more significant, such as the concentration of large blocks near the upper entrance and the breakdown on the doline floor, which extends almost to the final stretch of the cave. Although there is fluvial sediment inside the system, the blocks loosened from walls and ceiling represent the majority of the sedimentary deposits.



Ampla salão na CAV-0001B com piso composto por desmoronamento, Morro do Pilar. LA/VM

Large chamber in CAV-0001B with breakdown floor, Morro do Pilar.



Grandes depósitos
de blocos entulham
praticamente todo o piso
do Sistema Lapa do Grotão,
Morro do Pilar. LA/VM

*Large accumulations of
fallen blocks fill nearly the
entire floor of Grotão cave
system, Morro do Pilar.*

A gruta CAV-0034 tem a forma de uma galeria retilínea, com aproximadamente 120 m de extensão, e, assim como a Lapa do Grotão, acompanha a inclinação das camadas da rocha. Possui entrada ampla na extremidade noroeste, e o teto se torna mais baixo em direção ao interior, devido ao entulhamento do piso por blocos. O volume total da gruta é de aproximadamente 1.900 m³. Essa caverna não possui drenagem ativa durante todo o ano, há escoamento vindo do topo da

CAV-0034 Cave has the shape of a rectilinear passage with an extension of approximately 120 m and, similar to the Grotão Cave, it follows the inclination of the rock layers. It has a large entrance at the northwestern end, and the ceiling is lower towards the interior due to the blocks filling the floor. The total volume of the cave is approximately 1,900 m³. This cave contains no active drainage throughout the year, and there is percolation from the top of the ridge only during the



Conduto principal da CAV-0034, Morro do Pilar. AC
Main passage in CAV-0034, Morro do Pilar.

Espeleotemas pouco comuns recobrem parede na CAV-0034, Morro do Pilar. AC ►
Unusual speleothems cover the wall in CAV-0034, Morro do Pilar.



CAVES IN IRON FORMATIONS

escarpa apenas nos períodos de chuva. O fluxo d'água que traz consigo sedimento cascalhento da vertente acima da caverna é drenado para pequenos sumidouros existentes no piso da parte central da galeria. Nessa caverna existem importantes depósitos químicos, como estalactites (uma delas com 80 cm comprimento), cortinas e coralloides com até 20 cm de diâmetro. Trata-se de espeleotemas pouco comuns em rochas ferríferas e que merecem ser estudados de forma mais detalhada.

rainy season. The water flow brings gravel sediment from the slope above the cave and drains to small swallets on the floor in the central part of the gallery. There are important chemical deposits in this cave such as stalactites (one of them is 80 cm long), curtains and coralloids with a diameter of up to 20 cm. They are speleothems, which are not very common on iron rocks and deserve to be studied in more detail.





Uma estalactite formada provavelmente por hidróxido de ferro se destaca em meio a escorrimentos ao longo de uma fratura no teto, Morro do Pilar. AC
Stalactite probably composed of iron hydroxide, lies among flowstone aligned according to a joint at the ceiling, Morro do Pilar.



Um curioso depósito de forma esférica, formado provavelmente por sulfatos, Morro do Pilar. AC

A peculiar spherical speleothem, formed probably by sulfates, Morro do Pilar.

Tão importante como a ação da água na formação e ampliação das cavernas, é a influência das estruturas geológicas existentes no maciço rochoso. É através delas que o fluxo hídrico atuará formando os vazios, tão apreciados por espeleólogos. Quando há predomínio de formas mais retilíneas nos condutos, é bastante provável que esses sistemas tenham se desenvolvido condicionados pelas estruturas geológicas, sejam elas verticais ou mesmo inclinadas. Planos mais horizontais dificilmente são capazes de direcionar o fluxo em uma única direção. No caso específico das grutas Lapa do Grotão e CAV-0034, uma falha com eixo sudeste-noroeste condicionou o fluxo subterrâneo, o que se reflete no alinhamento atual dos condutos. Por outro lado, a inclinação atual do piso e do teto dessas grutas acompanha a inclinação das camadas do itabirito que mergulham para sudeste.

A forma do perfil de um conduto pode demonstrar a predominância de diferentes regimes hidrológicos ao longo de sua evolução. As seções retangulares, bastante comuns no Sistema Lapa do Grotão e na CAV-0034, refletem a sucessão de processos que geraram os condutos. É possível que essas cavernas tenham se formado inicialmente controladas pelos planos de acamamento no nível freático. Nessa fase, a forma da seção dos condutos era provavelmente mais horizontalizada. À medida que o nível freático foi rebaixado com a evolução da paisagem, os condutos passaram para o regime vadoso, e o fluxo d'água começou a existir, controlado não apenas pelas camadas da rocha, mas por estruturas verticais, como fraturas e falhas. Com o tempo, à medida que o nível freático foi gradualmente rebaixado, o fluxo d'água tornou-se mais turbulento, potencializando o processo de erosão que desgastou e promoveu o rebaixamento do piso, aumentando o volume interno das galerias. Com o aumento do volume interno, aumenta também a instabilidade de teto e paredes, que ficam cada vez mais suscetíveis a desprendimentos de blocos. Nessas condições inicia-se a fase de abatimentos de blocos, que modificaram significativamente a forma das galerias, tornando-as menos horizontalizadas e, em alguns casos, mascararam completamente suas formas originais.

No sistema Lapa do Grotão, a sucessão de processos anteriormente descritos é bem evidente nas formas observadas

As important as the action of water in the formation and enlargement of caves is the influence of the geological structures existing in the rock mass. The hydric flow acts through these structures to form the voids that are so much appreciated by speleologists. When rectilinear shapes are predominant in passages, the systems were probably conditioned by geological structures, either vertical or even inclined. More horizontal plans are less able to direct the flow in only one direction. In the specific case of Grotão Cave and CAV-0034, a fault with a southeast-northwest axis controlled the underground flow, which reflects the current alignment of passages. Meanwhile, the current inclination of the floor and ceiling of those caves follows the inclination of the itabirite layers that dip to the southeast.

The profile of a passage can provide evidence of different hydrological regimes along its evolution. Rectangular sections are quite common in the Grotão Cave System and in CAV-0034, and they reflect the succession of processes that generated the passages. Those caves were initially controlled by the bedding planes, possibly at a water table level. In that phase, the shape of the passage section was probably more horizontal. As the water table lowered with the evolution of the landscape, the passages entered the vadose regime, and the water flow came under the control not only of the rock layers but also of vertical structures such as fractures and faults. As time passed and as the water table level gradually lowered, the water flow became more turbulent and the erosion process that eroded the floor and promoted its lowering was increased, enlarging the internal volume of the galleries. Once the internal volume increased, the instability of the ceiling and the walls also increased, and they became more and more subject to breakdown. The ceiling collapse phase began, and the shape of the galleries significantly changed. They become less horizontal and, in some cases, their original forms were completely masked.

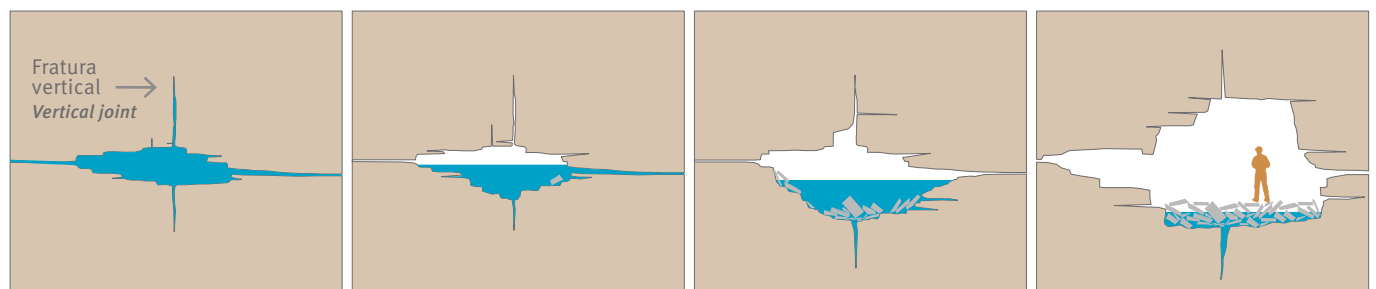
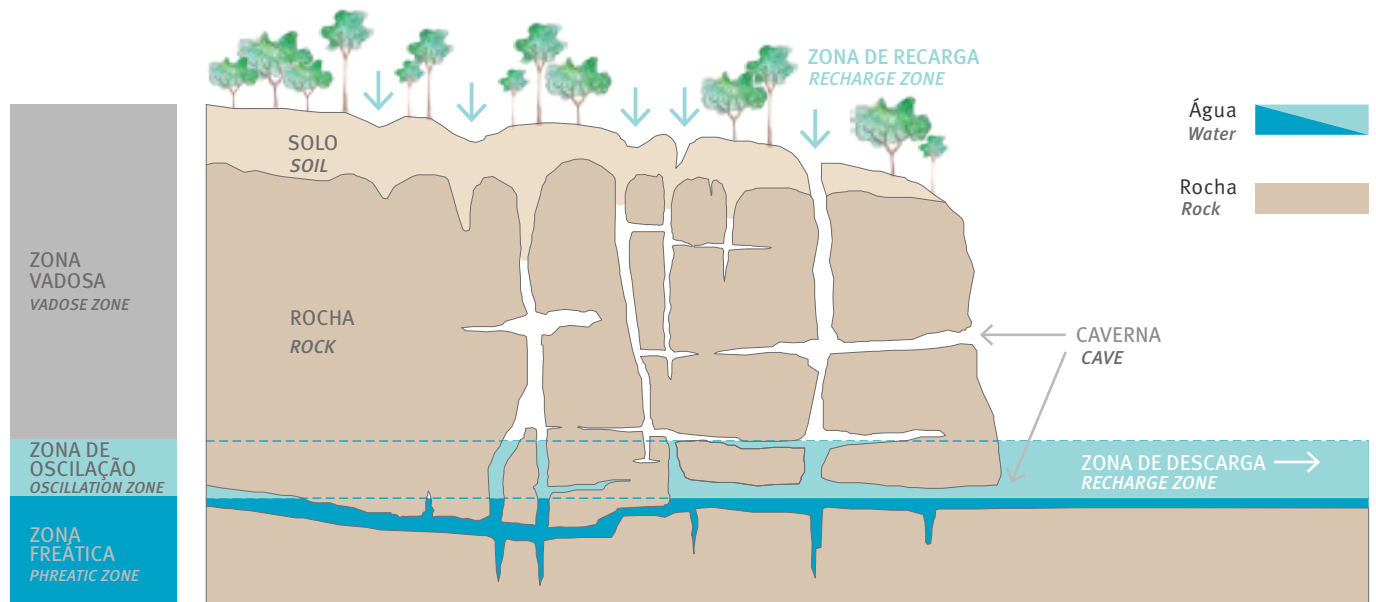
In the Grotão Cave system, the succession of processes described above is quite obvious in the cave's morphology. In that sector of the cave, impressive residual shapes of ancient potholes (circular depressions generated on the surface of the water course rock bed by the friction with rock fragments where the flow is turbulent) are still preserved on the side walls of the passage. Those profiles provide evidence of incision in

em seu conduto final. Nesse setor da gruta, imponentes formas residuais de antigas marmitas (depressões circulares geradas na superfície do leito rochoso do curso d'água, pelo atrito com fragmentos de rocha em locais de fluxo turbulento) ainda estão preservadas nas paredes laterais do conduto. Essas feições são testemunhos da incisão do piso de uma antiga galeria larga, de teto baixo e regular, desenvolvida ao longo das camadas do itabirito e bastante similar aos atuais prolongamentos laterais da gruta. Com o tempo, a alta energia do curso d'água, associada ao material cascalhento trazido de fora da gruta, erodiu e rebaixou o piso rochoso, aumentando o volume do conduto.

the floor of a former wide gallery with a low and regular ceiling developed along itabirite layers, quite similar to the current side extensions of the cave. As time passed, the high energy of the water course associated with the gravel material brought from outside the cave eroded the rock floor and increased the volume of the passage.

DIAGRAMA HIPOTÉTICO DAS DIFERENTES FASES EVOLUTIVAS DE UMA CAVERNA

HYPOTHETICAL DIAGRAM SHOWING EVOLUTIVE PHASES OF GROTOÃO CAVE SYSTEM



FASE FREÁTICA conduto de seção mais horizontal, desenvolvida ao longo das camadas da rocha

PHREATIC PHASE passage with a horizontal cross section, developed along the bedding planes.

FASE VADOSA 1 aumento da incisão vertical

VADOSE PHASE 1 vertical downcutting is accelerated

FASE VADOSA 2 rebaixamento do nível de base, erosão fluvial e início dos processos de abatimento

VADOSE PHASE 2 base level lowering, fluvial erosion and start of breakdown processes

FASE VADOSA 3 acentuação da erosão fluvial e dos processos de abatimento - verticalização da seção

VADOSE PHASE 3 fluvial erosion and breakdown processes are accelerated - cross section becomes more vertical



Vista do conduto final do Sistema Lapa do Grotão. As formas residuais de antigas marmitas de piso encontram-se hoje nas paredes laterais do conduto. O rebaixamento do nível de base por erosão ampliou o volume do conduto, Morro do Pilar. AC

The final passage in Grotão cave system. Residual potholes are found in the left wall. River downcutting was responsible for increasing the volume of the passage, Morro do Pilar.

CAVES IN IRON FORMATIONS



Vista ampliada das antigas marmitas. Note que acima delas há frestas sub-horizontais (indicadas por setas), resultantes da ação erosiva da água ao longo das camadas do itabirito, Morro do Pilar. AC

Potholes at the walls. The arrows point to subhorizontal planes, controlled by itabirite bands, enlarged by water flow, Morro do Pilar.



Setores mais volumosos do sistema Lapa do Grotão: feições de abatimento na entrada da CAV-0001B, nota-se a ampliação do teto em forma de cúpula, condicionado por deslocamentos ao longo dos planos de acamamento da rocha e das fraturas verticais que os corta, Morro do Pilar. AC

Larger and more voluminous sectors of Grotão cave near the entrance to CAV-0001B. Ceiling is shaped as a cupola, controlled by flaking along bedding planes and vertical joints, Morro do Pilar.



Domo existente entre as duas entradas da CAV-0001A, onde os abatimentos transpuseram a camada de itabirito e avançaram pela base do quartzito, depositado logo acima, Morro do Pilar. LA/VM

Cupola located midway between the two entrances of CAV-0001A, where breakdown exposed the quartzite beds above the iron formations, Morro do Pilar.

Os condutos com seção mais retangular ou salões mais amplos com teto na forma de cúpulas estão, em geral, associados a locais onde ocorreu desprendimento de blocos. Essas feições marcam a terceira fase evolutiva das cavernas, em que as formas originais são gradualmente substituídas por formas geradas por colapsos. Assim como no início da formação do conduto, as estruturas da rocha influenciam diretamente nas formas de colapso. Tetos regulares, por exemplo, estão associados aos planos paralelos das estruturas geológicas impressas na rocha, enquanto degraus verticais no teto se formam no encontro de planos horizontalizados e verticalizados das estruturas geológicas.

Considerações finais

A região da Serra do Espinhaço Meridional tem estado cada vez mais presente nas discussões sobre cavernas ferríferas. Diferentemente do que ocorre no Quadrilátero Ferrífero e na Serra dos Carajás, regiões há muito reconhecidas como importantes províncias minerais e hoje consideradas também duas importantes províncias espeleológicas, as reservas de minério de ferro na Serra do Espinhaço são mais restritas e ocupam menor área em termos territoriais. Com relação às cavernas, não poderia ser diferente. Por outro lado, e guardando as devidas proporções, a Serra do Espinhaço Meridional ainda possui grande potencial para novas ocorrências.

Há muitas semelhanças entre as cavernas ferríferas da Serra do Espinhaço Meridional e as do Quadrilátero Ferrífero e de Carajás. Entre elas podemos mencionar aspectos da morfologia, da hidrologia e até mesmo da sedimentação, tanto química quanto clástica. No entanto, cada região guarda suas peculiaridades, características que as tornam únicas. No caso das cavernas ferríferas da Serra do Espinhaço Meridional, uma das mais espetaculares singularidades é hoje reconhecida como o maior sistema de cavernas desenvolvido em rocha itabirítica do Brasil: a Lapa do Grotão, um sistema subterrâneo hidrologicamente ativo e até o momento, único.

The passages with a more rectangular section or larger rooms with dome-shaped ceilings are generally associated with places where there was collapse. Those profiles marked the third evolutive phase of the caves in which the original shapes were gradually replaced by shapes generated by breakdown. Similar to the beginning of passage formation, rock structures directly influenced collapse forms. Regular ceilings, for example, are associated with the parallel plans of the geological structures imprinted on the rock, while vertical steps on the ceiling were formed where horizontalized and verticalized plans of the geological structure were superimposed.

Final remarks

The area of Southern Espinhaço Range has been increasingly featured in discussions about iron caves. Unlike events at Quadrilátero Ferrífero and in Serra dos Carajás, areas that have long been recognized as important mineral provinces and currently also considered two important speleological provinces, the iron ore deposits in Espinhaço Range are more restricted in area, resulting in a smaller number of caves. However, respecting its proportions, Southern Espinhaço Range still has much potential for new occurrences.

There are many similarities between the iron caves in Southern Espinhaço Range and those in Quadrilátero Ferrífero and Carajás. Among them, we can list morphology, hydrology and even sedimentation aspects, both chemical and clastic. However, each region has its peculiarities; characteristics that make it unique. In the case of the iron caves in Southern Espinhaço Range, one of the most spectacular singularities is currently recognized as the largest cave system developed in itabiritic rocks in Brazil: Grotão Cave, a unique active underground system.

ÁGUAS E CAVERNAS

Water and caves

Gisele Kimura, Paulo Pessoa e Rinaldo Fernandes



“Água mole em pedra dura tanto bate até que fura.”

Em nenhum outro lugar o famoso ditado popular faz tanto sentido quanto nas cavernas.

As cavernas são a materialização da ação da água sobre as rochas. São espaços vazios que surgem, na grande maioria das vezes, a partir da dissolução dos minerais pela água, ou por sua ação mecânica de desagregação e transporte das partículas.

Após a formação das rochas, a gênese e dinâmica das cavernas dependem, predominantemente, de fatores climáticos (precipitação, circulação atmosférica e temperatura, entre outros), remotos ou recentes em relação à presença do homem. Estes fatores passaram a moldar a paisagem geológica original, em superfície e no meio subterrâneo, gerando ambientes cavernícolas diversos que guardam o registro da passagem da água no emoldurado terrestre.

Na Serra do Espinhaço, as cavidades ocorrem em rochas carbonáticas, quartzíticas ou formações ferríferas. As rochas carbonáticas, bastante solúveis em meio ácido, como a água da chuva, são as que normalmente abrigam as cavidades de maior extensão, porte, complexidade e ornamentação. Nelas, os vazios são formados, sobretudo por dissolução da rocha, podendo resultar em uma intrincada rede de condutos, galerias e salões. Esses sistemas constituem os aquíferos cársticos, caracterizados pela grande heterogeneidade, capacidade de armazenamento e transporte de água em seus grandes vazios. Um exemplo desse ambiente na Serra do Espinhaço é a Gruta Mata-Capim, em Santana do Riacho.

“Water dropping day by day wears the hardest rock away.”

In no other place does this famous popular saying make as much sense as in caves.

Caves are the materialization of the action of water on rocks. They are voids that result, most of the time, from the dissolution of minerals by water or by its mechanical disaggregation action and particle transportation.

After rock formation, cave genesis and dynamics depend predominantly on weather factors (rainfall and atmospheric circulation, and temperature among others), remote or recent in terms of the presence of men. These factors shaped the original geological landscape on the surface and in the subsoil, generating different cave environments that still show evidence of water flow.

In the Espinhaço Range, the caves occur in carbonate (marble), quartzite rock, or iron formations. The carbonate rocks are quite soluble in an acidic medium such as rainwater, and they usually shelter caves that are more extensive, larger, more complex and containing more speleothems. In this area, the voids are primarily formed through rock dissolution, which may result in a complex network of passages, galleries and rooms. These systems are karst aquifers, which are characterized by great heterogeneity, storage capacity and transportation of water in its large voids. One example of that environment in Espinhaço Range is Mata-Capim Cave in Santana do Riacho.



Nos quartzitos e nas formações ferríferas, são mais diversos e lentos os processos de gênese das cavernas. Além de dissolução, podem atuar processos de erosão e lixiviação, com a possível contribuição de microorganismos, escavações de animais ou desagregação mecânica por raízes de plantas em zonas de maior fraqueza das rochas. Nessas rochas a ocorrência de espeleotemas é mais discreta. Algumas dessas cavernas podem atingir centenas de metros de comprimento e dezenas de metros de altura. Alguns dos exemplos mais representativos de cavidades nessas rochas na Serra do Espinhaço são a Lapa do Grotão, em Morro do Pilar, o Sistema Baixada das Crioulas, em Itambé do Mato Dentro e a caverna CAI-03, em Conceição do Mato Dentro.

Seja qual for o tipo de rocha em que se encontra a caverna, na maior parte dos casos, seu principal agente de formação é a água.

Para muitas pessoas, é difícil imaginar que um local seco hoje em dia possa ter sido um rio, ou até mesmo um mar. É que o tempo de vida para nós, seres humanos, se passa em outra escala de grandeza. Enquanto nós vivemos em média 80 anos, há rochas no Espinhaço que foram formadas há 1,5 bilhões de anos. Assim, o tempo de vida de uma pessoa não é suficiente para testemunharmos as transformações que originam as feições geológicas.

Até mesmo a espeleogênese (formação das cavernas) pode ser considerada um processo recente, quando comparada à própria formação das rochas. Estima-se que algumas cavernas em calcário possam ter se formado há apenas 1 ou 2 milhões de anos. Já cavernas em formações ferríferas podem

In the quartzite and iron formations, cave genesis processes are more diverse and slower. In addition to dissolution, erosion and leaching may operate, with the possible contribution of microorganisms, animal excavations or mechanical disaggregation caused by plant roots in areas where rocks are weaker. The occurrence of speleothems on those rocks is more discrete. Some of the most representative examples of caves in those rocks in Espinhaço Range are Grotão Cave System, in Morro do Pilar, the Baixada das Crioulas Cave System, in Itambé do Mato Dentro and CAI-03 Cave, in Conceição do Mato Dentro.

Whatever type of rock the cave is located in, its main formation agent, in most cases, is the water.

For many people, it is hard to imagine that a place that is now dry could have been a river or even an ocean. This is because a lifetime for us, human beings, is measured according to a different order of magnitude. While we live an average of 80 years, there are rocks in Espinhaço that were formed 1.5 billion years ago. Thus, a person's lifetime is not long enough to witness the transformations that originate these geological landforms.

Even speleogenesis (the formation of caves) can be considered a recent process when compared to the formation of rocks itself. It is estimated that some caves in limestone may have been formed only 1 or 2 million years ago. Caves in iron formations may have started some time before, perhaps approximately 50 million years ago.

ter se iniciado em um tempo um pouco mais distante, há cerca de 50 milhões de anos, por exemplo.

Entretanto, existem métodos de investigação que nos permitem, atualmente, conhecer como ocorre (ou ocorreu) a ação da água nas rochas, mesmo que sua presença não seja tão visível em superfície.

Essas técnicas incluem a avaliação da presença de fósseis, da associação dos minerais presentes, das formas das estruturas cársticas e do estudo de paleoclimas a partir dos espeleotemas, entre outras.

Outro método bastante utilizado para descobrir as rotas das águas em meio subterrâneo é a aplicação de traçadores corantes, quando ainda há presença de água nas cavidades, porém não exposta na superfície do terreno.

O conhecimento da dinâmica hídrica de uma caverna é fundamental para compreender seus processos atuantes. Só a partir daí podem ser adotadas medidas eficazes para assegurar a sua preservação.

Na região da Serra do Espinhaço, essa técnica foi recentemente utilizada para avaliar a conectividade entre as águas superficiais e a principal surgência de um sistema de cavidades, denominado Lapa do Grotão. Por ser de extrema importância científica, esse dado possibilitaria determinar a área da bacia hidrográfica necessária para conservação, de modo a preservar as condições ambientais na caverna.

Esse sistema de cavidades, um dos mais exuberantes registrados até o presente em formações ferríferas no Brasil, se situa na bacia do ribeirão das Lajes, no município de Morro do Pilar, e é constituído de dois segmentos denominados CAV-0001A e CAV-0001B, separados pelo abatimento de uma dolina. Trata-se de duas galerias drenantes, com a presença de sumidouros e surgências, sendo que a conexão hídrica ocorre em meio subterrâneo, ao longo de estruturas abertas nas rochas.

O segmento denominado CAV-0001A, mais a montante, recebe parte do fluxo do ribeirão das Lajes, drenado para um sumidouro localizado a algumas dezenas de metros da entrada. A CAV-0001B localiza-se a jusante da CAV-0001A e possui uma surgência em sua porção distal. A ressurgência forma um lago no setor, de onde as águas são novamente introduzidas em um sumidouro, cujo ponto de descarga era desconhecido. O conceito de fluxo superficial e subterrâneo de água, no Sistema Lapa do Grotão, é ilustrado através de um bloco-diagrama.

However, there are investigation methods that currently allow us to understand how the action of water on rocks happens (or happened), even if its presence is not visible on the surface.

These techniques include the evaluation of the presence of fossils, the association of minerals, the shapes of karst structures and the study of paleoclimates from speleothems, among others.

Another method that is often used to reveal the route of groundwater is the application of dye tracers. This technique is used when there is still water in the cavities that it is not exposed on the surface.

To understand the hydrology dynamics of a cave, it is essential to understand its active processes. Only then can efficient measures be adopted to ensure the caves preservation.

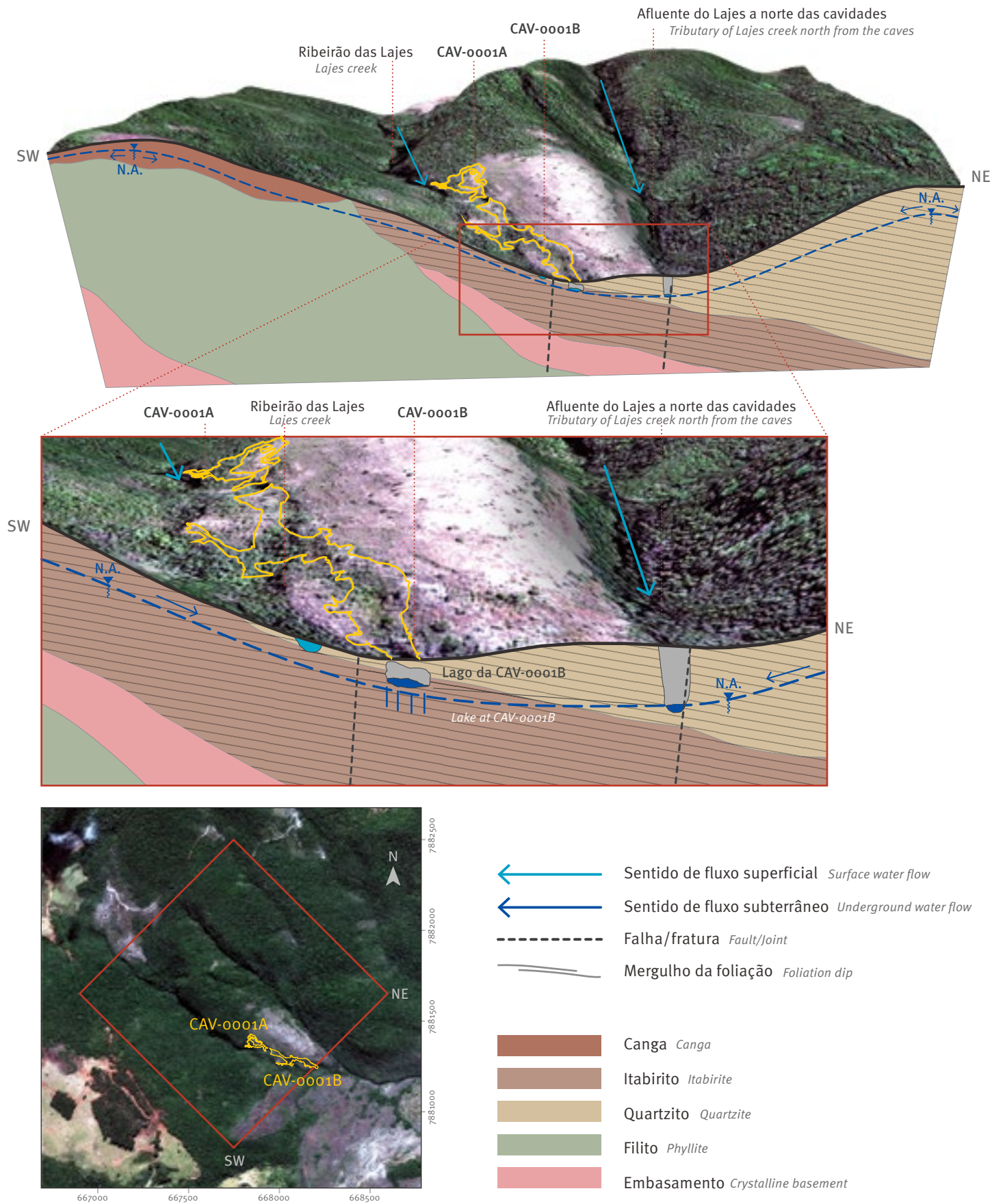
That technique has recently been used in the area of Espinhaço Range to evaluate the connectivity between the surface waters and the main surgence of a cave system called Grotão Cave. Because it is extremely important from the scientific point of view, that information would make it possible to define the area of the hydrographic basin necessary for conservation, to preserve the environmental conditions in the cave.

This cave system, one of the more remarkable ever registered in iron formations in Brazil, is located in Lajes creek basin in the municipality of Morro do Pilar. It consists of two segments called CAV-0001A and CAV-0001B, separated by the collapse of a doline. It is formed by two drainage galleries with swallets and surgences. The hydrological connection takes place underground along the structures opened in the rocks.

The upstream segment called CAV-0001A receives part of the flow of Lajes creek, which drains to a swallet located some meters away from the entrance. CAV-0001B is located downstream from CAV-0001A and has a surgence at its distal portion. The underground spring forms a lake in the sector at which the waters are introduced again in a swallet with an unknown discharge point. The concept of surface and underground water flow in the Lapa Grotão Cave System, is illustrated by a block diagram.

BLOCO DIAGRAMA ILUSTRATIVO DA DINÂMICA HÍDRICA NO SISTEMA LAPA DO GROTÃO

ILLUSTRATIVE BLOCK DIAGRAM OF WATER DYNAMICS IN THE LAPA GROTÃO CAVE SYSTEM



Para comprovar a conexão hídrica entre o ribeirão das Lajes, o sumidouro da CAV-0001A e a surgência da CAV-0001B, bem como identificar o ponto de saída de água desse sistema, foi realizado um ensaio com traçadores corantes.

O ensaio consiste na injeção de uma ou mais substâncias corantes, atóxicas e mundialmente utilizadas em estudos ambientais, em pontos de água selecionados. Além do ponto de injeção, são selecionados pontos de interesse para detecção do corante, de modo a avaliar se a substância injetada é transportada com a água para esses locais.

Nesse exemplo de caso, foi injetado o corante fluoresceína (de coloração verde) no próprio ribeirão das Lajes, na entrada da CAV-0001A.

A test with dye tracers was conducted to identify the hydrological connection between Lajes creek, CAV-0001A's swallet and CAV-0001B's surge as well as to identify the system's outflow point.

The test consists of the injection of one or more dyes, non-toxic substances used in environmental studies worldwide, into selected water points. In addition to the injection point, other points of interest are selected for dye detection to evaluate whether the injected substance is transported with the water to those locations.

In the case example, fluorescein dye (green) was injected into Lajes creek itself, at the entrance of CAV-0001A.

Injeção de fluoresceína na entrada da CAV-0001A, Morro do Pilar. WO

Injection of fluorescein tracer at the entrance of CAV-0001A, Morro do Pilar.





Passagem da fluoresceína na entrada da CAV-0001A, Morro do Pilar. LA/VM

Fluorescein tracer at the entrance of CAV-0001A, Morro do Pilar.

Salão de entrada da CAV-0001A mostrando parte do trajeto do curso d'água sem a aplicação de corante, Morro do Pilar. LA/VM

Entrance chamber of CAV-0001A, showing the drainage without the fluorescein dye, Morro do Pilar.



Salão de entrada da CAV-0001A mostrando parte do trajeto do curso d'água com a aplicação de corante, Morro do Pilar. LA/VM

Entrance chamber of CAV-0001A, showing the drainage with the fluorescein dye, Morro do Pilar.



Passagem da fluoresceína na cachoeira próxima a entrada da CAV-0001A, Morro do Pilar. LA/VM

Fluorescein in waterfall near the entrance of CAV-0001A, Morro do Pilar.

O trajeto do corante foi acompanhado em superfície, da entrada da CAV-0001A, passando por trechos encachoeirados, até o ponto do sumidouro nesta mesma caverna, onde toda a água se infiltra. A partir desse ponto o leito de drenagem se torna predominantemente seco, composto por amplos desmoronamentos. E caminha-se cerca de 350 m, sobre o leito seco, atravessando a dolina que separa as duas cavernas e percorrendo grande parte da CAV-0001B, até o ponto onde a água é novamente vista, nesse sistema de cavernas.

Após 1 hora e 30 minutos desde o momento de sua injeção, foi detectada a presença do corante na surgência principal da CAV-0001B, comprovando a conexão hídrica subterrânea dessas águas com o sumidouro da CAV-0001A através da foliação da rocha e dos sistemas de fraturas existentes.

A partir daí, o trajeto do corante indicou que as águas são conduzidas através de fraturas e descontinuidades da rocha, ressurgindo no curso de água afluente esquerdo do ribeirão das Lajes, ao norte das cavidades, no trecho do cânion situado a cerca de 100 m a montante do ponto de confluência com o ribeirão das Lajes. O tempo do percurso das águas desde a entrada da CAV-0001A até o local de sua saída no cânion foi de cerca de 4 h e 30 min.

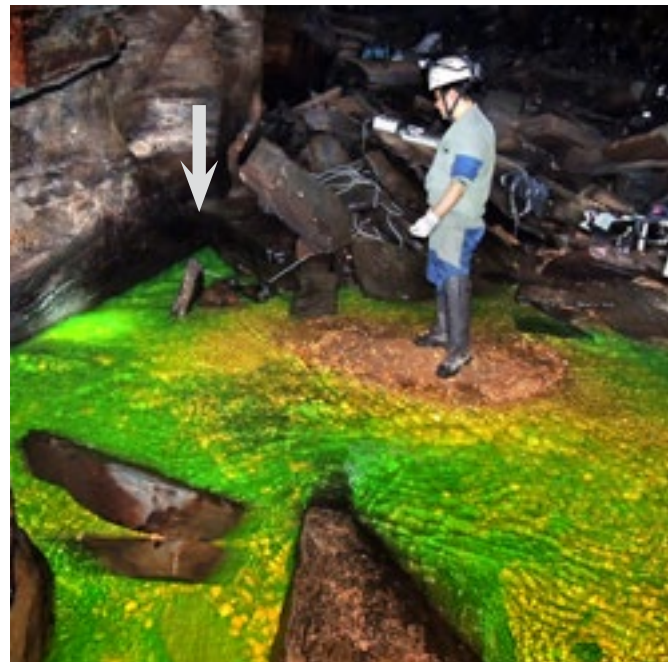
The route of the dye was followed on the surface, from the entrance to CAV-0001A, passing by sections with waterfalls, to the point of the swallet in that same cave where the water infiltrates. From that point, the drainage bed becomes predominantly dry, consisting of large collapses. One walks for approximately 350 m on the dry bed, crossing the doline that separates the two caves and covering most of CAV-0001B to the point where the water is seen again in that cave system.

After 1 hour and 30 minutes from the moment of injection, the presence of the dye was detected at the main surge of CAV-0001B, demonstrating the underground hydric connection of those waters with the swallet of CAV-0001A through rock foliation and the existing fracture systems.

From there on, the dye route indicated that the waters are guided through rock fractures and discontinuities, coming up again in Lajes creek's left tributary water course, to the north of the caves, at a section located approximately 100 m upstream from the confluence point with Lajes Creek. The waters take approximately 4 h 30 min to travel from the inflow at CAV-0001A to the outflow at the canyon.



Passagem da fluoresceína no sumidouro na CAV-0001A, Morro do Pilar. FM
Passage of fluorescein in the swallet of CAV-0001A, Morro do Pilar.



Chegada da fluoresceína na surgência na CAV-0001B, Morro do Pilar. FM
Arrival of fluorescein tracer in the spring inside CAV-0001B, Morro do Pilar.



Último ponto onde a fluoresceína foi vista na CAV-0001B, Morro do Pilar. LA/VM
The last point where the fluorescein can be seen inside CAV-0001B, Morro do Pilar.



Surgência das águas do Sistema Lapa do Grotão no cânion do afluente esquerdo do ribeirão das Lajes, Morro do Pilar. GK
Outlet of Grotão cave system, in the canyon associated with a left margin tributary of Lajes creek, Morro do Pilar.

Como resultado, verificou-se que o sistema hídrico atuante nas cavidades CAV-0001A e CAV-0001B é o mesmo, constituindo-se pelas águas do ribeirão das Lajes que se infiltram nas fraturas existentes, predominantemente, desaguando no cânion logo a montante do ponto de confluência com o ribeirão das Lajes (nesse caso, esse curso d'água, anteriormente entendido como continuação do ribeirão das Lajes, mostra-se apenas como um tributário de sua margem direita).

O ensaio realizado é apenas um exemplo da importância de se utilizar diferentes técnicas de investigação para conhecer a dinâmica dos processos hídricos atuantes nas cavernas.

A aplicação de ferramentas distintas permite obter informações valiosas, que, por sua vez, subsidiam a definição de zonas ou critérios de proteção, de modo a assegurar a sua integridade ambiental.

Tudo isso mostra como faz sentido outro famoso ditado, que tem se tornado cada vez mais popular:

“Conhecer é fundamental para preservar.”

As a result, we concluded that the hydric system operating in CAV-0001A and CAV-0001B caves is the same one formed by the water of Lajes creek. The creek's water infiltrates mostly in the existing fractures, dewatering in the canyon upstream of the point of confluence with Lajes creek (in that case, the water flow that was previously seen as a continuation of Lajes creek is just a tributary of its right margin).

The test conducted is just an example of the importance of using different investigation techniques to understand the dynamics of the hydric processes active in caves.

The application of different tools provides valuable information that, in turn, supports the definition of protection zones or criteria to insure environmental integrity.

This demonstrates the truth of another famous saying that is becoming increasingly popular:

“Knowledge is fundamental for preservation.”



A VIDA SUBTERRÂNEA

Subterranean Life

Renata Andrade



O ambiente

O ambiente subterrâneo pode ser caracterizado por um sistema labiríntico de espaços de tamanho variável no subsolo, preenchidos por ar ou água, mantidos na ausência de luz, temperatura constante e umidade relativa do ar alta. Os habitats subterrâneos mais conhecidos e estudados correspondem às cavernas – espaços maiores acessíveis ao homem. Entretanto, o ambiente subterrâneo se estende para espaços menores, constituído por fendas e canais, que podem abrigar pequenos animais.

A morfologia e a extensão da cavidade estão relacionadas com os ambientes formados no seu interior, que por sua vez podem influenciar na distribuição da fauna cavernícola. Quanto mais próximo o local da entrada, maior a variação de parâmetros climáticos (temperatura, umidade, luminosidade) devido às oscilações que ocorrem na superfície.

Três zonas podem ser registradas no interior de uma caverna. Na zona de entrada, ocorre incidência direta de luz. Essa região é onde a temperatura oscila mais, embora essa oscilação seja menos acentuada que na superfície. Podem ser detectadas plantas verdes e algas, que dependem da luz para realizar a fotossíntese. Na zona de penumbra a incidência de luz é indireta e a variação na temperatura começa a diminuir, assim como a presença de plantas. Em regiões próximas de entradas ocorre uma sobreposição da fauna cavernícola (hipógea) e superficial (epígea), representando uma área de transição ecológica (ecótono). A zona afótica pode ser caracterizada pela ausência total de luz. À medida que regiões mais distantes de entradas são consideradas, a amplitude da variação de temperatura diminui, ocorrendo uma tendência à estabilidade ambiental. A temperatura se aproxima da média anual da temperatura externa em regiões profundas de cavernas extensas. A umidade relativa do ar fica próxima de 100%. Como consequência da ausência de

The environment

The subterranean environment may be characterized by a maze system of variable size voids in the subsoil filled with air or water, with limited light, a constant temperature and high humidity. The most well-known and studied subterranean habitat corresponds to caves - larger voids that are accessible to men. However, the subterranean environment extends to smaller spaces consisting of fissures and channels that may shelter small animals.

The morphology and the extension of the cave are related to the environments formed inside of it, which can, in turn, influence the distribution of the cave fauna. A wider variation in the weather parameters (e.g., temperature, humidity, luminosity) occurs closer to the cave entrance due to the oscillations that take place on the surface.

Three zones may occur inside a cave. At the entrance, there is the direct incidence of light. The temperature varies more in this area, although that variation is less marked than on the surface. Plants and algae that depend on light for photosynthesis occur in this zone. In the twilight zone, the incidence of light is indirect and the temperature variations start to decrease, as well as the presence of plants. In areas near the entrances, there is an overlapping of cave (hypogean) and surficial (epigean) fauna, representing an area of ecological transition (ecotone). The dark zone is characterized by the total absence of light. The amplitude of the temperature variation decreases in regions farther from the cave entrance, and there is a trend towards environmental stability. The temperature gets close to the annual average of the external temperature in deep areas of extensive caves. The relative humidity of the air is close to 100%. As a consequence of the absence of light, photosynthesizing organisms are absent (plants, algae). On the surface, those producer organisms form the basis of the

luz, estão ausentes os organismos fotossintetizantes (plantas, algas). Na superfície, esses organismos produtores constituem a base da pirâmide alimentar. Sua ausência em cavernas implica que os recursos tróficos devem ser produzidos por organismos que utilizam outra fonte de energia que não a luz, ou que os recursos devem ser importados da superfície. Organismos quimioautotróficos (retiram a energia da quebra de moléculas inorgânicas presentes na rocha) são pouco expressivos em cavernas do Brasil. Dessa forma, a maior parte do alimento encontrado nas cavernas provém da superfície, sendo constituído por material de origem vegetal e animal trazido por água, gravidade ou organismos que entram na caverna.

A fauna cavernícola

Características do meio hipógeo, como ausência de luz e escassez alimentar, devido à ausência de organismos fotossintetizantes, agem como um filtro à colonização de animais da superfície. Alguns animais apresentam maior probabilidade de estabelecer populações no meio subterrâneo, entre eles os que ocorrem em ambientes escuros e úmidos no meio superficial (como entre blocos, em fendas, em meio a material vegetal caído no chão), que usam outras formas de orientação que não a visão, bem como organismos com dieta generalista. Esses animais são considerados pré-adaptados à vida no meio subterrâneo.

São considerados cavernícolas os organismos que passam pelo menos uma parte do seu ciclo de vida no ambiente subterrâneo, apresentando uma relação direta com esse meio. De acordo com a relação com o ambiente subterrâneo, esses podem ser agrupados em três categorias ecológico-evolutivas. Os troglóxenos são encontrados regularmente no meio subterrâneo, mas devem retornar ao meio epígeo, ao menos em parte de sua vida, para completar seu ciclo. É o caso de morcegos, que utilizam a caverna como abrigo, mas saem para alimentar-se durante a noite. Os troglófilos possuem populações tanto no meio superficial como no meio subterrâneo e podem completar todo o ciclo em um desses ambientes. A maioria dos invertebrados cavernícolas (ex., aranhas e besouros) encontrados em cavernas do país se encaixa nessa categoria. Os troglóbios são restritos ao ambiente cavernícola, onde completam todo o ciclo de vida. Muitos troglóbios podem apresentar modificações corporais típicas denominadas

food chain. The absence of these organisms in caves implies that the trophic resources must be produced by organisms that use a power source other than light or that the resources must be imported from the surface. Chemoautotrophic organisms obtain energy from breaking inorganic molecules in rocks but rarely exist in Brazilian caves. Therefore, most of the food found in caves comes from the surface, and it consists of material from vegetal and animal origins brought by water, gravity or organisms that get into the cave.

The cave fauna

Aspects of the hypogean medium, such as the lack of light or food shortage due to the absence of photosynthesizing organisms, act as filters for the colonization of surface animals. Some animals are more likely to establish populations underground, such as those that live in dark and humid environments on the surface (e.g., talus, fissures, and among vegetal material on the floor), which use ways other than sight for guidance, as well as organisms with a generalist diet. Those animals are considered pre-adapted to life underground.

The organisms that spend at least a part of their life cycle underground and in a direct relationship with it are considered cave organisms. According to their relationship with the subterranean environment, they may be grouped into three ecological evolutionary categories. The troglóxenos are regularly found in the subterranean environment, but they must go back to the epigean medium for at least part of their lives to complete their life cycles. Bats are troglóxenos that use the cave for shelter but go outside of the cave to forage at night. The troglófilos have populations both on the surface and in the subterranean environment, and their entire life cycle can occur in one of those environments. Most of the cavernicolous invertebrates (i.e., spiders and beetles) found in caves in Brazil fall into this category. The troglóbios are restricted to the subterranean environment, where they spend their entire life cycle. Many troglóbios (but not all of them) display typical body alterations, such as eye and pigmentation reduction,

trogloformismos, como redução dos olhos e da pigmentação tegumentar, aumento no tamanho, no número e na sensibilidade de outras estruturas sensoriais que não a visão (como pelos, antenas e outros apêndices), e também modificações comportamentais e fisiológicas. Essas modificações surgiram após a colonização e isolamento da população no meio subterrâneo. Embora o critério utilizado para a definição de troglóbios seja geográfico – ausência de populações em outros domínios que não o subterrâneo –, sua aplicação é difícil, particularmente em regiões tropicais, em que a fauna de invertebrados do meio externo é pouco conhecida. Usualmente, a presença de características troglomórficas e a comparação com organismos aparentados que vivem no meio epígeo são utilizadas para avaliar se um animal é troglóbio.

Além dos cavernícolas, podem ser encontrados nas cavernas animais acidentais, que entram propositalmente ou não, sendo mais comuns em regiões próximas às entradas e claraboias.

Características ambientais de cavernas na Serra do Espinhaço

As cavernas localizadas em Conceição do Mato Dentro e Morro do Pilar, na porção meridional do Espinhaço, estão inseridas em rochas quartzíticas e ferríferas (itabirites e cangas). Na sua maioria, essas cavidades são rasas e apresentam pequena extensão, ocorrendo forte influência de parâmetros climáticos do meio epígeo no seu interior. Dessa forma, muitas apresentam incidência luminosa, direta ou indireta, em grande parte da sua área e poucas apresentam zona afótica. Cerca de 85% das cavernas em mármore localizadas no Morro da Pedreira, na região da Serra do Cipó, apresentam extensão inferior a 30 m, ocorrendo incidência luminosa em grande parte da sua área. Em Itambé do Mato Dentro predominam cavernas de quartzito com extensão inferior a 100 metros. A maioria das cavernas nessa região é rasa, e devido às suas condições morfológicas, como presença de teto baixo, desmoronamentos, dimensão e características das entradas, grande parte delas possui zona afótica. Nesse município se encontra a Caverna Baixada das Crioulas I, uma das maiores cavernas de quartzito conhecidas no Brasil, cuja extensão ultrapassa os 1.000 m.

increased size, number and sensitivity of sensorial structures other than sight (such as hair, antennas and other appendices), and also behavioral and physiological changes. These changes are called troglomorphisms and appear after the colonization and isolation of the population in the underground. Although the criterion used to define troglobites is geographic (absence of population in domains other than the subterranean), the application of it is difficult, especially in tropical regions where the fauna of invertebrates in the surface is little known. The presence of troglomorphic characteristics and the comparison to related organisms that live in the epigeal environment are usually used to assess whether an animal is a troglobite.

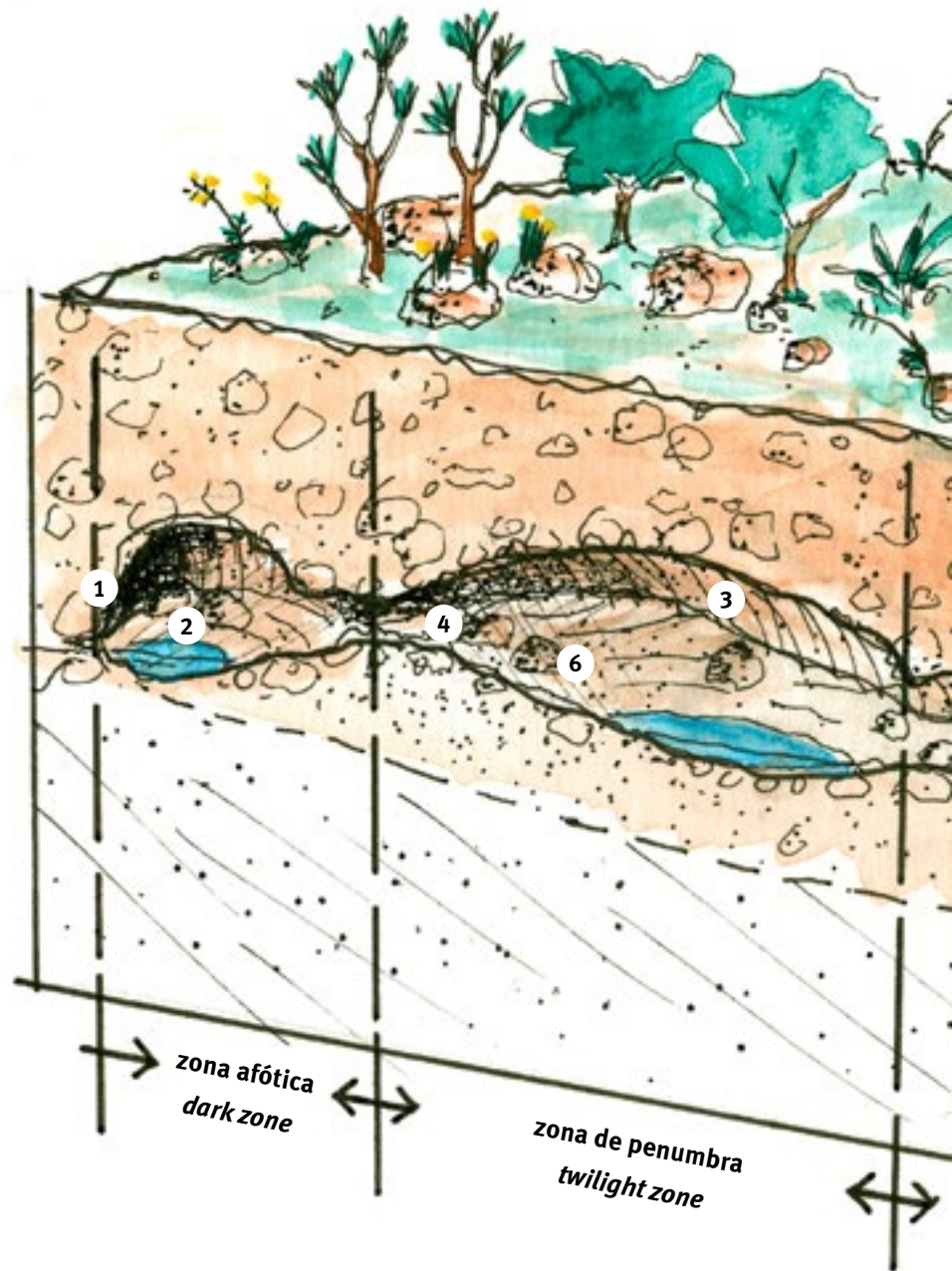
In addition to cave animals, other animals may enter the caves, and they are more frequently found in areas near the entrances and skylights.

Environmental characteristics of caves in Espinhaço Range

Caves located in Conceição do Mato Dentro and Morro do Pilar, at the southern Espinhaço Range, are inserted in quartzite and iron-rich rocks (itabirites and cangas). The majority of these caves are shallow and short in length and because of this, they are greatly influenced by epigeal weather parameters. Therefore, many of these caves have direct or indirect light incidence in a large part of their area and few of them have dark zones. Approximately 85% of the caves in marble located on Pedreira hill in the area of Serra do Cipó are shorter than 30 m in length, and there is light incidence in the largest part of their areas. Quartzite caves shorter than 100 m in length are predominant in Itambé do Mato Dentro. Most of the caves in this area are shallow and, due to their morphological conditions (e.g., low ceilings, collapses, size and characteristics of the entrances), many of them feature dark zones. Baixada das Crioulas I cave, one of the largest quartzite caves known in Brazil with an extension of over 1,000 m, is located in this municipality.

ZONAÇÃO E EXEMPLOS DE LOCALIZAÇÃO DA FAUNA NO INTERIOR DE UMA CAVERNA

ZONATION AND SCHEMATIC VIEW OF FAUNA LOCATION WITHIN CAVES



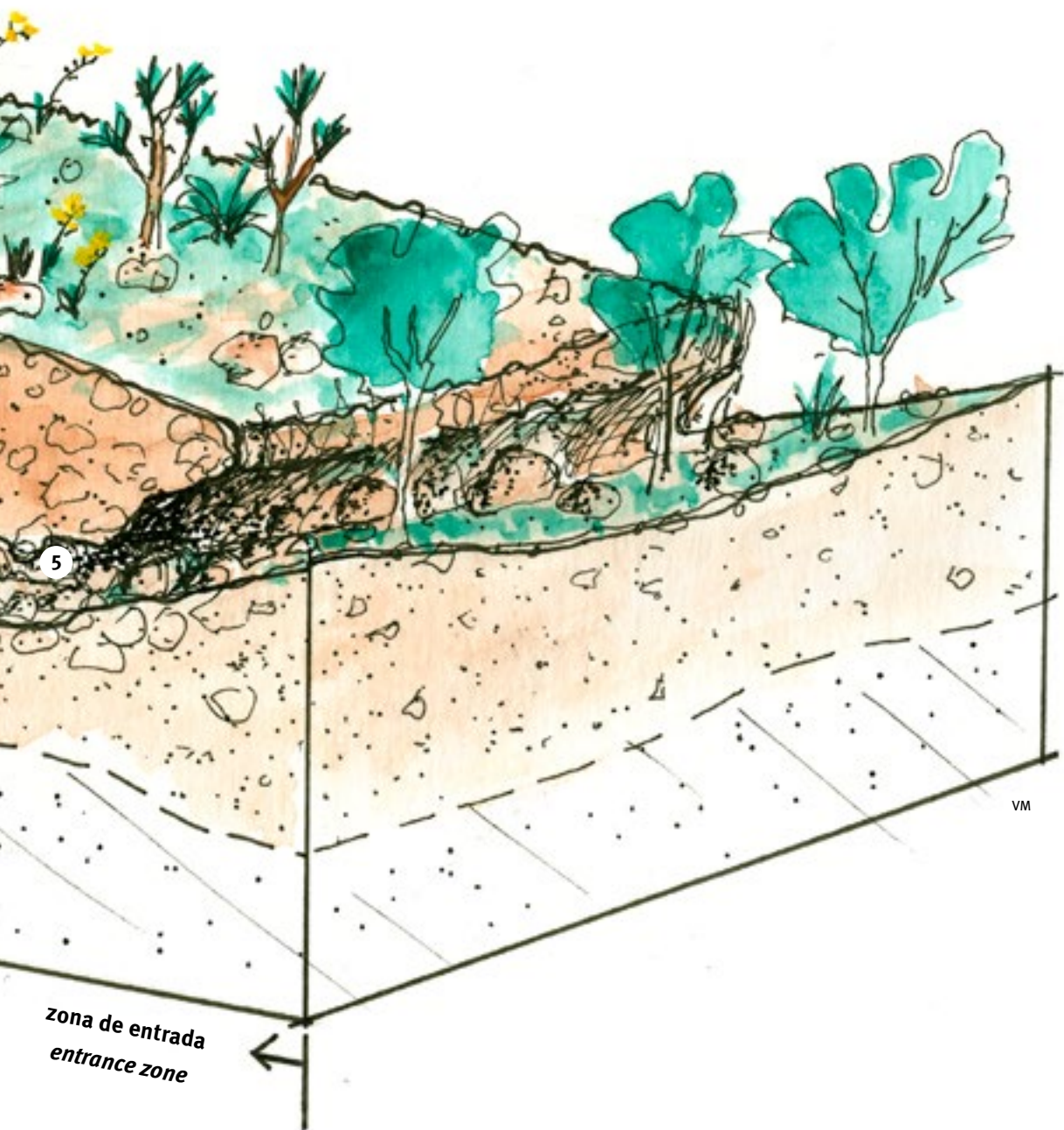
1
Aranha Caponiidae. CB
Caponiidae spider.



2
Piolho-de-cobra *Pseudonannolene* sp. LA/VM
Pseudonnanolene sp. centipede.



3
Morcego *Peropteryx* sp. VM
Peropteryx sp. bat.



Aranha *Loxosceles similis*. LA/VM
Loxosceles similis spider.



Mariposa Noctuoidea. AC
Noctuoidea moth.



Rã-das-pedras *Thoropa miliaris*. CB
Thoropa miliaris anuran.

A VIDA SUBTERRÂNEA

Essa caverna se destaca pelo número de entradas (dez no total). Muitas dessas entradas são amplas, acarretando incidência de luz no interior da cavidade, mas devido à grande extensão e maior concentração de entradas em uma porção específica da caverna, ela também apresenta significativos trechos afóticos.

This cave is notable for the number of entrances (a total of ten). Many of these entrances are large, which results in the incidence of light inside the cave. However, due to the large size and the concentration of entrances in a specific sector of the cave, it also has significant dark zones.



Vegetação na maior entrada da Gruta Baixada das Crioulas I, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Vegetation associated with the largest entrance of the Baixada das Crioulas I cave, Itambé do Mato Dentro.

É comum a ocorrência, em regiões iluminadas próximas às entradas, de vegetação de pequeno porte, constituída na sua maioria por briófitas, pteridófitas e, ocasionalmente, pequenos brotos de plantas vasculares maiores. Ainda na zona de entrada, e avançando para regiões mais internas com luminosidade indireta, podem ser encontrados microrganismos como líquens e algas recobrendo trechos de parede e teto.

In illuminated areas near the entrances, it is common to see small size vegetation mostly consisting of briophytes, pteridophytes and, occasionally, small sprouts of vascular plants. Microorganisms, such as lichen and algae, may cover parts of the walls and ceilings in entrance areas and inner cave areas with indirect luminosity.





Vegetação de pequeno porte
na entrada da caverna CSS-01,
Conceição do Mato Dentro. LA/VM

*Sparse vegetation at
the entrance of CSS-01 cave,
Conceição do Mato Dentro.*



Musgos e algas recobrem superfícies em uma das entradas da Gruta Baixada das Crioulas II, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Moss and algae cover the rock surfaces in one of the entrances to Baixada das Crioulas II cave, Itambé do Mato Dentro.



De forma geral, as cavernas ficam mais úmidas durante a estação chuvosa. Especialmente considerando cavidades ferríferas, rasas e com maior porosidade, as respostas às precipitações são rápidas, ou seja, imediatamente após o início de chuvas, podem ser notados gotejamentos dentro das cavernas. Em algumas cavernas são observados corpos d'água, como poças temporárias, especialmente no período úmido, ou mesmo lago ou drenagem, embora essa última configuração seja mais rara entre as cavernas ferríferas e quartzíticas de Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro, e cavernas de mármore da Serra do Cipó. Em Itambé do Mato Dentro, muitas cavidades quartzíticas apresentam fluxo hídrico perene; dentre elas, destacam-se as Grutas Baixada das Crioulas I e II, pela presença de uma rede de drenagem alimentada por vários tributários provenientes de condutos, canalículos e entradas. Ao longo das galerias, ocorrem trechos alternados entre poços, corredeiras e cachoeiras.

É comum a presença de fraturas e canalículos, especialmente nas cavidades ferríferas, que contribuem para a existência de uma ampla rede de espaços interconectados na rocha, permitindo o trânsito horizontal e vertical de organismos e a ocorrência de micro-habitats adicionais para a fauna. Substratos terrestres disponíveis para a fauna incluem, além da rocha, sedimentos inorgânicos com diferentes granulometrias e substratos orgânicos, como detritos, guano e raízes.

In general, the caves are more humid during the rainy season. The response to rainfall is quick, especially iron caves, which are shallow and formed in a porous rock, and it is possible to notice dripping inside the caves immediately after the start of the rain. Water bodies, such as temporary puddles, a lake or drainage, are observed in some caves, especially during the wet season, although both are less frequent among iron and quartzite caves in Morro do Pilar and Conceição do Mato Dentro and marble caves in Serra do Cipó. In Itambé do Mato Dentro, many quartzite caves have perennial drainages. Baixada das Crioulas I and II caves have a drainage network supplied by several tributaries from passages, small channels and entrances. Along the passages, there are sections alternating between pools, rapids and waterfalls.

It is common to see fractures and small channels, especially in iron caves, that contribute to a wide network of interconnected spaces in the rock that allow for the horizontal and vertical mobility of organisms and the occurrence of additional micro habitats for the fauna. Substrates available for the fauna (in addition to rock) include inorganic sediments with different grain sizes and organic substrates, such as detritus, guano and roots.



Canalículo em caverna em formação ferrífera, com pequenos casulos feitos por animais (à esquerda), Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Small channels in iron cave, with small nests made by animals (left), Conceição do Mato Dentro.

De forma geral, as cavernas apresentam baixo aporte de recursos alimentares provenientes do meio externo. Uma das formas de entrada de alimento ocorre com a água: recursos externos são carregados pela água de infiltração e por drenagens. A água infiltrante carrega nutrientes dissolvidos, originários de camadas superficiais do terreno e até mesmo pequenos animais. Já drenagens podem carrear recursos tróficos particulados, restos vegetais, detritos e animais. Apesar de as drenagens subterrâneas não serem comuns em cavernas ferríferas, pode-se destacar a Lapa do Grotão, em Morro do Pilar, um sumidouro no qual a drenagem contribui de forma acentuada para a presença significativa de material vegetal e detrito no seu interior.

In general, the caves have low inputs of food resources coming from the surface. One of the ways food gets into the cave is through water: external resources are transported by infiltration water and by drainages. The infiltrating water carries dissolved nutrients and even small animals from the surface layers. Drainages may carry particulate trophic resources, vegetal remains, detritus and animals. Although subterranean drainages are not common in iron caves, drainage in a swallet in Grotão Cave in Morro do Pilar contributes remarkably to the occurrence of vegetal material and detritus inside.



Tronco em decomposição no Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

Decomposing trunk in Grotão cave system, Morro do Pilar.



Detritos orgânicos, carreados por drenagem, e depositados no Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

Organic debris, brought by runoff in Grotão cave system, Morro do Pilar.

Vento e gravidade contribuem para a entrada de matéria orgânica e de detrito oriundos do meio externo. Material vegetal se concentra nas regiões próximas às claraboias e entradas, sendo representado, principalmente, por restos de plantas, como folhas e gravetos. Muitas cavernas em Itambé do Mato Dentro apresentam entradas inseridas em dolina. Essas feições contribuem para o aporte de sedimentos clásticos e orgânicos para o interior das cavidades, sobretudo no período chuvoso.

Wind and gravity contribute to the inflow of organic material and detritus from the outside. Vegetal material concentrates in the areas near skylights and entrances. It is mainly represented by parts of plants, such as leaves and kindling. Many caves in Itambé do Mato Dentro feature entrances inserted in dolines. This landform contributes to the inflow of clastic and organic sediments inside the caves, especially during the rainy season.



Acúmulo de material vegetal na entrada da caverna CSS-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Accumulation of vegetal debris at the entrance of CSS-03 cave, Conceição do Mato Dentro.

Raízes compreendem um recurso alimentar comum nas cavidades ferríferas, na sua maioria representada por feixes finos permeando o piso. Também são encontradas em paredes e tetos, onde alcançam a caverna a partir de fissuras e canalículos presentes na rocha. Em algumas ocasiões, é possível encontrar tufo de raízes com crescimento vertical (rizotemas) em locais com gotejamento.

Roots are a frequent alimentary resource in iron caves, and most roots are represented by thin bunches permeating the ground. They may also be observed on walls and ceilings coming from fissures and small channels in the rocks. It is sometimes possible to see roots growing vertically (ryzothems) where dripping occurs.



Rizotema no piso
da caverna CSS-03,
Conceição do Mato
Dentro. LA/VM

*Rhizome at the
floor of CSS-03
cave, Conceição do
Mato Dentro.*

Raízes de gameleira
(Moraceae) buscam a
umidade acumulada na
Gruta do Salitre, Santana do
Riacho. LA/VM

*Gameleira roots (Moraceae)
grow towards the more
humid atmosphere of Salitre
cave, Santana do Riacho.*



O alimento também surge com animais que entram nas cavernas, que podem deixar fezes, restos de alimentos ou mesmo seus cadáveres. Podem ser detectados nas cavernas da área guano de morcegos com diferentes dietas (insetívora, hematófaga, frugívora, nectarívora e carnívora), raramente formando manchas expressivas. Muitas vezes, são observados apenas pontos esparsos no piso das cavidades. A Gruta do Salitre, em Diamantina, é uma das exceções. Um dos seus condutos é ocupado por colônia numerosa de morcegos hematófagos, cujos depósitos de guano podem ultrapassar 2 m de diâmetro e 15 cm de espessura. As manchas de guano geralmente estão abaixo de domos no teto onde se alojam os morcegos. Já foram observados andorinhões em setor distinto nessa mesma caverna em estação chuvosa, que também podem deixar seu guano no piso. Fezes de vertebrados não voadores correspondem a focos esparsos, na sua maioria deixada por anuros (sapos, rãs e pererecas), que utilizam as cavernas como abrigo.

Food also comes from animals that enter the caves and leave feces, food debris or even their dead bodies. Guano from bats with different diets (insectivore, hematophagous, frugivore, nectarivore and carnivore) may be observed in the caves in this area, rarely forming remarkable deposits. Frequently, only sparse points are observed on the floor of caves. Salitre cave in Diamantina is one of the exceptions. One of its passages is occupied by a large hematophagous bat colony whose guano deposits may exceed a diameter of 2 m and a thickness of 15 cm. Guano deposits are usually under ceiling domes where the bats occur. Swift birds may be observed in a different sector of this same cave during the rainy season, and they also leave their guano on the floor. Feces of flightless vertebrates correspond to sparse occurrences, and most of the feces are left by anurans (frogs, toads and tree frogs) that use the caves as shelter.



Fezes de anuro em caverna em Conceição do Mato Dentro. CB
Anuran feces in a cave in Conceição do Mato Dentro.



Guano de morcego frugívoro em caverna em Conceição do Mato Dentro. CB
Guano of frugivorous bat in a cave in Conceição do Mato Dentro.

Depósito de guano hematófago,
sob domo, na Gruta do Salitre,
Diamantina. LA/VM

*Guano deposit of vampire bats
under cupola, Salitre cave,
Diamantina.*





Depósito de guano hematófago, na caverna CAI-03, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Guano of vampire bat, CAI-03 cave, Conceição do Mato Dentro.



Morcego em decomposição, na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Decomposing bat, Salitre cave, Diamantina.

Fauna cavernícola da Serra do Espinhaço Meridional

Algumas espécies registradas nas cavernas são epígeas acidentais, que usam fortuitamente esse espaço. Como muitas cavernas na porção meridional da Serra do Espinhaço são pequenas e rasas, uma proporção alta dessa ocorrência é esperada, especialmente quando áreas de zona de entrada são consideradas. Embora sem papel ecológico definido no meio subterrâneo, indivíduos acidentais podem servir como alimento para os cavernícolas.

Vários animais encontrados nas cavernas da região são cavernícolas e pertencem a grupos taxonômicos (família e/ou gêneros) usualmente encontrados em meios subterrâneos de outras regiões do país. A seguir têm-se comentários sobre alguns grupos com registro em cavernas na área.

A diversidade de aranhas, organismos predadores, é alta nas cavernas, como observado em outras cavernas brasileiras. Aranhas dos gêneros *Enoploctenus* e *Isoctenus* (família Ctenidae) são comuns nas cavernas da Serra do Espinhaço. Essas

Cave fauna in Southern Espinhaço Mountain Range

Some species registered in the caves are accidental epigeans that use the space fortuitously. As many caves in the southern sector of Espinhaço Range are small and shallow, a high proportion of that occurrence is expected, especially when entrance areas are considered. Although accidental individuals fail to have a definite ecological role in the subterranean environment, they may serve as food for cave organisms.

Several animals observed in the caves in the area are cavernicolous and belong to taxonomic groups (family and/or genus) usually observed underground in other regions of the country. Some groups that are common in caves in the area are presented below.

*The diversity of spiders (i.e., predator organisms) is high in caves, similar to other Brazilian caves. Spiders of the genera *Enoploctenus* and *Isoctenus* (family Ctenidae) are common in*



Aranha *Isoctenus* em caverna em Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Isoctenus spider in a cave in Conceição do Mato Dentro.

aranhas, grandes e errantes (caminham ativamente, sem local fixo), são notadas com facilidade. Em algumas ocasiões, é possível encontrar a aranha cuidando da ooteca (saco contendo ovos) presa na rocha, de coloração esbranquiçada e com formato circular.

caves in Espinhaço Range. These large and wandering (they walk actively, without a fixed location) spiders are easily noticed. In certain occasions, it is possible to see the spider taking care of the whitish, circular egg sac attached to the rock.



Aranha Ctenidae com ooteca na Gruta Baixada das Crioulas, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Ctenidae spider with egg sac in Baixada das Crioulas cave, Itambé do Mato Dentro.

Aranha *Enoploctenus* sp.
com ooteca, Conceição do
Mato Dentro. LA/VM

Enoploctenus sp. spider
with egg sac, Conceição do
Mato Dentro.



Outro aracnídeo presente em cavernas da região é a aranha-marrom *Loxosceles* sp. (família Sicariidae), encontrada geralmente no piso, junto à teia irregular em formato de lençol, próximo a blocos e cantos de parede. Aranhas-marrons podem causar lesões profundas na pele com sua picada.

Another arachnid occurring in the caves of this region is the brown spider Loxosceles sp. (family Sicariidae). It is usually observed on the floor near an irregular, sheet-shaped web near blocks and wall corners. Brown spiders may cause deep injuries on the skin with their bites.



Aranha-marrom (*Loxosceles similis*), Conceição do Mato Dentro. CB
Brown spider (*Loxosceles similis*), Conceição do Mato Dentro.

Aranhas do gênero *Mesabolivar* (família Pholcidae) são típicas representantes de zonas de entrada, sendo encontradas em paredes e fendas, junto a teias em lençol. Algumas vezes podem ser observadas carregando a ooteca pelos apêndices bucais.

Spiders of the genus Mesabolivar (family Pholcidae) are typical representatives of the entrance areas. They can be observed on walls and fissures near sheet-shaped webs. They may sometimes be observed carrying the egg sac with their buccal appendices.



Aranha *Mesabolivar* sp. com ooteca, Morro do Pilar. CB

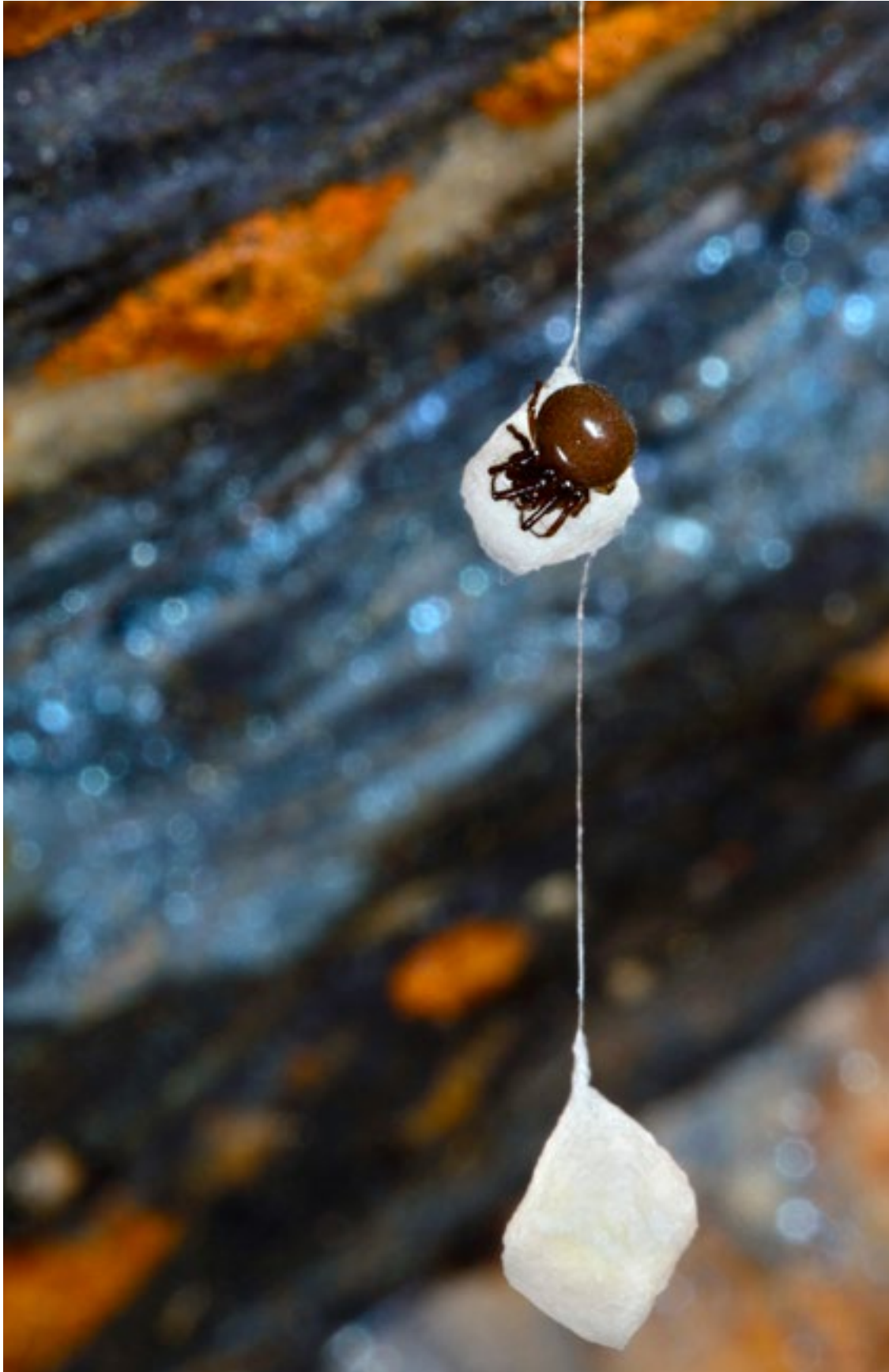
Mesabolivar sp spider, with egg sac, Morro do Pilar.

Aranhas da família Trechaleidae (como *Trechaleoides keyserlingi*) podem ser encontradas em cavernas com presença de drenagem. Essas aranhas conseguem se deslocar na superfície da água, onde podem capturar presas ou escapar, se ameaçadas.

Pequenas aranhas do gênero *Plato* (família Theridiosomatidae), em teias orbiculares, são comuns em locais úmidos em zonas de penumbra e afótica, especialmente em locais com drenagem. Em algumas ocasiões é possível observar suas pequenas ootecas brancas, em formato de cubo, penduradas por um dos vértices, em tetos e saliências de superfícies rochosas.

Spiders in the family Trechaleidae (such as Trechaleoides keyserlingi) may be observed in caves with drainage. These spiders are able to move on the water surface, where they can capture prey or escape when threatened.

Small troglophyle spiders of the genus Plato (family Theridiosomatidae) may be found on orbicular webs and are common in humid places in twilight and dark areas, especially in places with drainage. It is sometimes possible to find small cubic white eggs sacs made by these spiders hanging on ceilings and protuberances of rock surfaces by one vertice.



Aranha *Plato* sp. com ooteca
no Sistema Lapa do Grotão,
Morro do Pilar. LA/VM

Plato sp. spider. with egg sac,
in Grotão cave system,
Morro do Pilar.

São comuns também pequenas aranhas pertencentes às famílias Ochyroceratidae (ex., *Speocera*, *Ochyrocera* e *Theotima*), encontradas principalmente no piso, junto a seixos e blocos, e Theridiidae (ex., *Achaearanea*, *Thymoites*). Algumas aranhas Theridiidae podem ser observadas em refúgios de teia com formato de cone recoberto por sedimento.

Small spiders of the families Ochyroceratidae (e.g., Speocera, Ochyrocera and Theotima) and Theridiidae (e.g., Achaearanea and Thymoites) are also common. They are mainly observed on the floor near pebbles and blocks. Theridiidae spiders may be observed in cone web shelters covered with sediment.



Refúgio de teia de aranha Theridiidae, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Theridiidae spider web refuge, Conceição do Mato Dentro.



Teia de aranha, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Spider web, Conceição do Mato Dentro.



Aranha *Trechona* sp. na Gruta de Monte Cristo, Diamantina. JG
Trechona sp. spider in Monte Cristo cave, Diamantina.

Dentre as aranhas migalomorfas (grupo das caranguejeiras), pode-se destacar a ocorrência de uma população de *Trechona* sp. (família Dipluridae) na gruta Monte Cristo (Diamantina), em rocha quartzítica. A população, estimada em mais de 100 indivíduos, em estudo desenvolvido pelo Dr. José Guadanucci e colaboradores, é a maior população cavernícola de aranhas migalomorfas do mundo conhecida até o momento.

A maioria das aranhas citadas pode ser considerada troglófila, embora a pequena extensão de muitas grutas e/ou a variação na disponibilidade de recursos tróficos possa ocasionar a saída de indivíduos para alimentação no meio epígeo, especialmente considerando as aranhas de maior porte e mobilidade, como as aranhas pertencentes à família Ctenidae.

Opiliões correspondem a outro grupo de aracnídeos encontrados nas cavernas da região. São onívoros/detrítívoros, não possuem veneno, tem o corpo compacto e pernas geralmente longas. Os opiliões *Mitogoniella indistincta* e *Goniosoma vatrax*, pertencentes à família Gonyleptidae, são comuns, ocorrendo geralmente em regiões sombreadas de zona de entrada e em zona de penumbra. Algumas vezes são observados formando agregados com vários indivíduos. Utilizam a cavidade como abrigo ou mesmo reprodução.

Among mygalomorph spiders (e.g., the tarantulas), there is a troglophyle population of Trechona sp. (family Dipluridae) on the quartzitic Monte Cristo cave (Diamantina). A study developed by Dr. José Guadanucci and collaborators estimated the population at over 100 individuals. It is the largest known cave population of mygalomorph spiders.

Most of the spiders mentioned can be considered troglophyles, although the short length of many caves and/or the variation of trophic resource availability may force individuals to leave for food in the epigean environment, especially considering larger spiders with higher mobility, such as those in the family Ctenidae.

Opiliones (harvestman) correspond to another group of arachnids found in local caves. They are omnivores/detritivores, they have no poison, they have a compact body and usually long legs. Mitogoniella indistincta and Goniosoma vatrax, belonging to the family Gonyleptidae, are commonly observed and they occur in areas of shade at the entrance and twilight zones. They are sometimes aggregated with several individuals. They use the cave as a shelter or even for reproduction purposes.



Agregado de opiliões *Goniosoma vatrax* (Gonyleptidae) em caverna de Conceição do Mato Dentro. CB

Group of harvestman Goniosoma vatrax (Gonyleptidae) in a Conceição do Mato Dentro cave.



Opilião *Mitogoniella indistincta* com ovos, em caverna de Morro do Pilar. CB

Harvestman Mitogoniella indistincta with eggs in a Morro do Pilar cave.

Ainda no grupo dos aracnídeos, pode ser destacada a ocorrência de pseudoescorpiões, animais geralmente com menos de três milímetros de comprimento, pertencentes aos gêneros *Spelaeochnes* (família Chernetidae) e *Pseudochthonius* (família Chthoniidae). São localizados andando sobre o piso ou em reentrâncias, entre cascalho, algumas vezes próximos a recursos tróficos, como guano de morcego. Algumas espécies do grupo possuem glândulas de veneno que se abrem na ponta dos dedos do pedipalpo (pinças). O veneno é usado para imobilizar pequenas presas, como insetos, não trazendo riscos para o ser humano.

Pseudoscorpions, small organisms usually shorter than three millimeters, belong to the genera Spelaeochnes (family Chernetidae) and Pseudochthonius (family Chthoniidae). They are observed walking on the floors or inside hollows, among gravel and sometimes near trophic resources, such as bat guano. Some species in the group have poison glands that open on the tip of the pedipalp fingers (tweezers). The poison is used to immobilize small prey, such as insects, and it represents no risk for human beings.



Pseudoescorpião *Spelaeochnes* sp. em caverna de Conceição do Mato Dentro, CB
Spelaeochnes sp. pseudoscorpion in a Conceição do Mato Dentro cave.

Os macroinvertebrados onívoros mais comuns são grilos dos gêneros *Eidmanacris* e *Endecous* (ambos pertencentes à família Phalangopsidae). Indivíduos de *Endecous* são registrados em regiões com luminosidade reduzida ou afóticas e *Eidmanacris* ocorrem em regiões com maior luminosidade, próximos à entrada. São encontrados em diferentes substratos, muitas vezes ocupando reentrâncias na rocha, ocorrendo em maior número quando a disponibilidade de recursos tróficos, como guano de morcego, é maior.

More frequent macroinvertebrate omnivores are crickets of the genera Eidmanacris and Endecous (family Phalangopsidae). Endecous individuals occur in areas with reduced luminosity or dark zones, and Eidmanacris occur in more illuminated areas near the entrance. They are found in different substrates, many times occupying channels and fissures in the rock. They occur in large numbers when more resources, such as bat guano, are available.

SUBTERRANEAN LIFE



Grilo *Endecous* sp. CB
Endecous sp. cricket

No grupo dos insetos sugadores são observadas com frequência cigarrinhas jovens da família Cixiidae, com hábito fitófago, associadas a raízes, e percevejos jovens do gênero *Zelurus* (família Reduviidae), predadores de outros artrópodos. Esse último é geralmente registrado no piso de regiões próximas a entradas, e apresenta uma camada de sedimento recobrindo seu corpo, o que pode auxiliar na captura de presas, já que ficam camuflados contra o piso recoberto pelo mesmo material.



Grilo *Eidmanacris* sp. CB
Eidmanacris sp. cricket

Sucking insects, such as young planthopper (family Cixiidae) and young assassin bug of the genus Zelurus (family Reduviidae), are frequently observed in caves. Young planthoppers have phytophagous habits and are associated with roots. Young assassin bugs are predators of other arthropods, and they are generally observed on the floor in areas near the entrance. Assassin bugs have a layer of sediment covering its body, which may help them capture their prey because they are camouflaged against the floor that is recovered by the same material.



Cigarrinha jovem de Cixiidae próxima à raízes em caverna de Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Planthopper nymph (Cixiidae) close to roots in a Conceição do Mato Dentro cave.

Jovem percevejo *Zelurus* sp.,
Conceição do Mato Dentro.
LA/VM

Assassin bug nymph (Zelurus sp.),
Conceição do Mato Dentro.



Exemplares de besouros são frequentemente registrados em cavernas da área. A família Staphylinidae e a subfamília Pselaphinae são os grupos mais representativos. Também são comuns larvas da superfamília Tenebrionioidea, detritívoras (que se alimentam da matéria vegetal ou animal em decomposição) e geralmente encontradas enterradas no sedimento, e da família Lampyridae.

Beetles frequently occur in local caves. The family Staphylinidae and the subfamily Pselaphinae are the most representative groups. Larvae of the superfamily Tenebrionioidea (detritivores) that eat vegetal or animal material in decomposition and are usually buried in sediment are common, as well larvae of the family Lampyridae.



Larva de besouro da família Lampyridae, próxima a pontos de guano, Conceição do Mato Dentro. CB

Beetle Larvae of Lampyridae family close to guano spots, Conceição do Mato Dentro.

Larvas de mosquitos *Neoditomyia* sp. (família Keroplatidae) podem ser encontradas no teto, junto a fios com substância aderente que constroem para captura de presas, como pequenos insetos alados. São abundantes em cavernas com drenagem, como observado na Lapa do Grotão, em Morro do Pilar. Exemplares de pequenas moscas *Drosophila* sp. (família Drosophilidae) podem ser abundantes em cavidades com guano de morcegos hematófagos, onde suas larvas se desenvolvem. Também comuns são os dípteros Phoridae, encontrados associados a guano, e Psychodidae, entre eles exemplares de flebotomíneos (mosquito-palha), sugadores de sangue. Dr. Ricardo Barata e colaboradores coletaram 17 espécies de flebotomíneos nas grutas do Salitre e Monte Cristo, importantes cavernas quartzíticas da região de Diamantina, indicando

Neoditomyia sp. fly larvae (family Keroplatidae) are observed on ceilings near threads with adhesive substances that they build to capture prey, such as small flying insects. They are abundant in caves with drainage, as observed in Grotão Cave in Morro do Pilar. Small *Drosophila* sp. flies (family Drosophilidae) may be abundant in caves with hematophagous bat guano, where its larvae develop. Phoridae dipterous (associated with guano) and Psychodidae (including the phlebotomines (sand flies) blood suckers), are also common in regional caves. Dr. Ricardo Barata and his collaborators collected 17 species of phlebotomines in Salitre and Monte Cristo caves, which are important quartzite caves in the area of Diamantina. The phlebotomines had a higher capture frequency in hot and humid months, and individuals were predominantly collected in the

Larvas de mosquitos
Neoditomyia sp. junto a fios
com substância aderente
no Sistema Lapa do Grotão,
Morro do Pilar. LA/VM

Larvae of Neoditomyia sp.
fly associated with adhering
filaments in Grotão cave
system, Morro do Pilar.



maior frequência de captura nos meses quentes e úmidos, e predominância de indivíduos coletados na zona afótica em relação à zona iluminada. Entre as espécies coletadas, correspondendo a menos de 3% do total de indivíduos, estão *Lutzomyia longipalpis*, *L. whitmani* e *L. pessoai*, potenciais vetores de parasitas que podem causar leishmaniose, doença que pode acometer o sistema cutâneo e/ou visceral.

dark zone when compared to the illuminated zone. Lutzomyia longipalpis, L. whitmani and L. pessoai were among the species collected and accounted for less than 3% of the total number of individuals. These species are potential vectors of parasites that may cause leishmaniosis, a disease that attacks the skin and/or visceral systems.



Mosquito-palha (Phlebotominae) em caverna em mármore localizada em Santana do Riacho. RA

Phlebotominae fly in a marble cave in Santana do Riacho.

A proximidade com a superfície e a pequena extensão, observadas em muitas cavidades, favorecem a ocupação por formigas, que a utilizam para forrageio ou mesmo nidificação. Entre os gêneros registrados estão *Pheidole*, *Solenopsis* e *Camponotus*. Outro grupo de insetos sociais encontrados no interior das cavidades corresponde aos cupins, sendo frequentes espécimes de *Nasutitermes* sp. (família Termitidae), bem como observações de túneis construídos sobre a rocha.

Mariposas da família Noctuidae, troglóxenas, podem ser encontradas pousadas em paredes em zona de entrada. Em algumas ocasiões, podem ser observados vários indivíduos.

The proximity to the surface and the short length of many caves favor the occupation by ants that use it for foraging or even nesting. The common genera include Pheidole, Solenopsis and Camponotus. Another group of social insects found inside caves are termites. Nasutitermes sp. (family Termitidae) is frequent, as well as tunnels built on the rock.

Moths of the family Noctuidae (troglóxenas), may be observed on walls in the entrance area. Many individuals may be observed on some occasions.



Cupins *Nasutitermes* sp. LA/VM
Nasutitermes sp. termites.



Mariposa Noctuidae. CB
Noctuidae moth.

Colêmbolos, pequenos insetos sem asas, são comuns e representados na sua maioria pelas famílias Entomobryidae, Paronellidae e Sminthuridae. Colêmbolos troglomórficos do gênero *Acherontides* (família Hypogastruridae) foram registrados, em densidades populacionais altas, junto a manchas de

Collembolas, small wingless insects, are common and mostly represented by the families Entomobryidae, Paronellidae and Sminthuridae. Troglomorphic collembolas of the genus Acherontides (family Hypogastruridae) were registered at high population densities near hematophagous bat guano



Colêmbolos *Acherontides* sp em caverna em formação ferrífera de Conceição do Mato Dentro, sobre guano de morcego hematófago. LA/VM
Acherontides sp. collembola over vampire bat guano in iron formation cave in Conceição do Mato Dentro.

guano de morcegos hematófagos, em cavernas de Conceição do Mato Dentro. As espécies desse gênero são associadas à presença de guano, apresentando alta densidade de indivíduos, mesmo em zonas iluminadas, se houver disponibilidade desse recurso trófico.

Outros artrópodos detritívoros comuns em cavernas da área compreendem os diplópodos (piolhos-de-cobra) do gênero *Pseudonannolene* (família Pseudonannolenidae), e pequenos isópodos (tatuzinhos-de-jardim), entre os quais espécimes do gênero *Trichorhina* (família Platyarthridae).

in caves in Conceição do Mato Dentro. Species of that genus are associated with the presence of guano, with high density of individuals even in illuminated zones when that trophic resource is available.

*Other detritivore arthropods that are common in local caves are diplopods (millipedes) of the genus *Pseudonannolene* (family Pseudonannolenidae) and small terrestrial isopods, including species of the genus *Trichorhina* (family Platyarthridae).*



Piolho-de-cobra *Pseudonannolene* sp. no Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

Pseudonannolene sp. millipede at Grotão cave system, Morro do Pilar.

Anuros (sapos, rãs e pererecas) são registrados de forma ocasional, podendo utilizar as cavernas como abrigo. São comuns em cavernas de Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro indivíduos de *Thoropa miliaris* e *Bokermannohyla* sp. Fezes com vestígios de insetos, deixadas por anuros nas cavernas, são encontradas de maneira esparsa e ocasional.

*Anurans (frogs, toads and tree frogs) are occasionally observed and they may use the caves as shelter. Individuals of *Thoropa miliaris* and *Bokermannohyla* sp. are common in caves in Morro do Pilar and Conceição do Mato Dentro. Feces with traces of insects left by anurans in caves are sparsely and occasionally observed.*



Anfíbio *Bokermannohyla alvarengai*, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

Bokermannohyla alvarengai frog, Conceição do Mato Dentro.

Morcegos, cavernícolas troglóxenos, são pouco abundantes e pouco frequentes em cavernas da região. Ao menos nove espécies foram registradas, possuindo hábitos alimentares diversos. A família Phyllostomidae é a mais diversificada. Dentre seus representantes, está *Chrotopterus auritus*, a segunda maior espécie de morcegos da região neotropical, apresentando como hábito alimentar predominante a carnivoría, consumindo pequenos vertebrados e insetos. São observados em baixa frequência de ocorrência, formando pequenos grupos de até oito indivíduos. *Carollia perspicillata* apresenta a frugivoria como hábito alimentar, também apresenta baixa frequência de ocorrência, e é encontrada em agrupamentos de até dez indivíduos em cavernas de Conceição do Mato Dentro e Morro do Pilar. Morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* (preferência alimentar por sangue de mamíferos de grande porte) e *Dyphylla ecaudata* (alimentam-se preferencialmente de sangue de aves) tem sido observados com frequência e recorrência em cavernas de Conceição do Mato Dentro, raramente em colônias com mais de 20 indivíduos. Morcegos com dieta insetívora, em cavernas do Espinhaço Meridional, são representados por exemplares de *Micronycteris* sp., *Mimon bennettii* (família Phyllostomidae) e *Pteropus macrootis* (família Emballonuridae). Entre os morcegos com hábito

Bats (troglóxenos) are not abundant and not very frequent in local caves. At least nine species were registered and had different feeding habits. The most diversified family is Phyllostomidae. Among its representatives is Chrotopterus auritus, the second largest species of bat in the neotropical region. They are predominantly carnivorous and they consume small vertebrates and insects. They occur at low frequency, forming small groups of up to eight individuals. Carollia perspicillata is frugivorous and also occurs at low frequency. It is found in groups of up to ten individuals in caves in Conceição do Mato Dentro and Morro do Pilar. Hematophagous bats Desmodus rotundus (they prefer blood from large size mammals) and Dyphylla ecaudata (they prefer blood from birds) are frequently and recurrently observed in caves in Conceição do Mato Dentro, rarely in colonies with more than 20 individuals. Bats with an insectivorous diet in caves in Southern Espinhaço Range are represented by Micronycteris sp., Mimon bennettii (family Phyllostomidae) and Pteropus macrootis (family Emballonuridae). Among the nectarivorous bats are Anoura caudifer and Glossophaga soricina (family Phyllostomidae), with the latter more frequent in local caves.

alimentar nectarívoro estão *Anoura caudifer* e *Glossophaga soricina*, o último mais frequente em cavernas da área. O depósito de guano de morcegos ocorre na maior parte das vezes na forma de pontos esparsos ou pequenas manchas no piso ou sobre blocos, muitas vezes de forma imprevisível, relacionado com a utilização do abrigo.

The deposit of bat guano typically occurs in sparse points or small deposits on the floor or on blocks, and it is unpredictable and related to the use of the shelter.



Morcego hematófago *Desmodus rotundus* com filhote, na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Hematophagous bat Desmodus rotundus with offspring in Salitre cave, Diamantina.



Colônia mista de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* e *Diphylla ecaudata* na Gruta dos Morcegos, Santana do Riacho. AC

Bat colony with hematophagous species Desmodus rotundus and Diphylla ecaudata in Morcegos cave, Santana do Riacho.

A VIDA SUBTERRÂNEA



Morcego carnívoro *Chrotopterus auritus* com filhote, em nicho no teto, Conceição do Mato Dentro. VM

Carnivorous bat Chrotopterus auritus with offspring in ceiling alcove, Conceição do Mato Dentro.



Grupo de morcegos carnívoros *Chrotopterus auritus*, em nicho no teto, Conceição do Mato Dentro. VM

Group of carnivorous bats Chrotopterus auritus in ceiling alcove, Conceição do Mato Dentro.



Morcegos insetívoros *Peropteryx* sp., Conceição do Mato Dentro. VM

Insectivorous bats Peropteryx sp., Conceição do Mato Dentro.



Morcego frugívoro *Carollia* sp, Conceição do Mato Dentro. CB

Frugivorous bat Carollia sp, Conceição do Mato Dentro.

Ainda considerando os mamíferos, ninhos de roedores ou mesmo indivíduos do grupo podem ser avistados ocasionalmente em frestas das cavidades.

Muitos dos táxons citados são comuns em cavernas de outras regiões do país. Sua condição ecológica, se troglóxeno ou troglófilo, especialmente para macroinvertebrados, pode variar de acordo com a disponibilidade de alimento no interior das cavidades, lembrando que essa disponibilidade pode ser ocasional ou mesmo imprevisível, como a deposição de guano de morcegos e fezes de outros vertebrados.

Rodent nests or even individuals in the group may occasionally be observed in fissures in the caves.

Many of the taxa previously mentioned are observed in caves in other regions of the country. The ecological condition and whether it is a troglóxene or troglóphyle (especially for macroinvertebrates) may vary according to the food availability inside the caves. Food availability may be occasional or even unpredictable, such as the deposition of bat and other vertebrate feces.



Roedor com ninho em reentrância de caverna, Conceição do Mato Dentro. CB

Rodent with nest in a Conceição do Mato Dentro cave.

Espécies troglóbias

Algumas espécies registradas nas cavernas da área são troglomórficas e potencialmente troglóbias. Entre elas estão colêmbolos pertencentes ao gênero *Pararrhopalites* (família Sminthuridae), aranhas *Tisentnops* (família Caponiidae) e *Speocera* (Ochyroceratidae), pseudoescorpião *Pseudochthonius* (família Chthoniidae) e lacraias *Cryptops* (família Cryptopidae). O opilião *Gonycranus pluto* (família Gerdesiidae), registrado apenas no Sistema Lapa do Grotão, possui pernas mais alongadas e coloração mais pálida que seu parente não troglomórfico (*Gonycranus androgynus*), com distribuição mais ampla e encontrado também em cavernas da região.

Embora cavernas maiores e isoladas sejam mais propícias ao estabelecimento de populações cavernícolas, incluindo troglóbios, tais elementos da fauna podem ser eventualmente encontrados em cavernas pequenas, oriundos de espaços menores (inacessíveis ao homem) no pacote rochoso onde podem transitar.

Troglobite species

Some species registered in local caves are troglomorphic and potentially troglobites. Among these species are collembola belonging to the *Pararrhopalites* genus (Sminthuridae family), *Tisentnops* spiders (Caponiidae family) and *Ochyroceratidae*, *Pseudochthonius pseudoscopions* (Chthoniidae family) and *Cryptop centipedes* (Cryptopidae family). The *Gonycranus pluto* harvestman (Gerdesiidae family) is only registered in Grotão cave and has longer legs and a more pale coloration than its non troglomorphic relative, *Gonycranus androgynus*, which has a broader distribution and is also found in caves in the area.

Although larger and isolated caves offer better conditions for cave populations to colonize, including troglobites, those faunal elements may eventually be found in small caves, originating from smaller spaces (not accessible to men) within the bedrock.



Opilião troglomórfico *Gonycranus pluto*, no Sistema Lapa do Grotão, Morro do Pilar. LA/VM

Troglobomorphic harvestman Gonycranus pluto, Grotão cave system, Morro do Pilar.



Opiliões *Gonycranus androgynus* (acima) e *Gonycranus pluto* (abaixo). A coloração do corpo de *G. pluto* (troglomórfico) é mais pálida em relação a *G. androgynus*. As pernas de *G. pluto* são mais alongadas que as pernas de *G. androgynus* (o comprimento da perna II está indicado por uma linha vermelha). IC

Harvestmen *Gonycranus androgynus* (above) and *Gonycranus pluto* (below). The body coloration of *G. pluto* (troglomorphic) is paler in relation to *G. androgynus*. The legs of *G. pluto* are more elongated than the legs of *G. androgynus* (the length of the leg II is indicated by a red line).

Os troglóbios são altamente vulneráveis a perturbações ambientais no meio subterrâneo, pois suas populações são restritas, não se dispersando na superfície, devido às especializações à vida cavernícola. Apresentam baixa tolerância ecológica – a adaptação a ambientes estáveis leva geralmente à

Troglobites are very vulnerable to environmental disturbance in the underground environment because their populations are restricted and fail to spread on the surface due to the specializations of cave life. They have low ecological tolerance, and their adaptation to stable environments usually

perda da capacidade de suportar variações do ambiente tais como temperatura, pH e umidade relativa do ar –, portanto, qualquer alteração no meio irá afetá-los, direta ou indiretamente. Os terrestres, por exemplo, seriam vulneráveis a mudanças na ventilação e percolação de água, devido à baixa tolerância do organismo à dessecação.

leads to the loss of the capacity to withstand variations, such as temperature, pH and relative humidity. Thus, any changes are likely to directly or indirectly affect troglobites. For example, terrestrial troglobites would be vulnerable to ventilation and water percolation changes due to their low tolerance to desiccation.



Aranha *Tisentnops* sp. troglomórfica (redução ocular), em lupa. CB
Troglophic spider Tisentnops sp. (eye reduction) under microscope.



Pseudoescorpião *Pseudochthonius* sp. troglomórfico (redução ocular, pigmentar e alongamento de apêndices), em lupa. CB

Troglophic pseudoscorpion Pseudochthonius sp. (eye reduction, pigment reduction, elongation of appendages), under microscope.

Considerações finais

As cavernas do Espinhaço Meridional abrigam uma fauna diversificada, com organismos pertencentes a distintos grupos. A comunidade cavernícola estudada apresenta peculiaridades regionais, tendo em vista a especificidade de comunidades epígeas da região que fornecem os elementos que colonizam o ambiente subterrâneo. Muitos cavernícolas registrados são encontrados em cavernas de outras regiões e muitos dos táxons representativos mencionados ocorrem em cavernas de diferentes litologias.

Final remarks

Caves in Southern Espinhaço Range shelter diversified fauna with organisms belonging to different groups. The cave community surveyed features regional peculiarities due to the specificity of epigeal communities in the area supplying the elements that colonize the subterranean environment. Many of the recorded cavernicolous species are observed in caves in other regions, and many of the representative taxons mentioned occur in caves in different rock types.

Futuros estudos na região, incluindo identificações mais precisas e análises comparativas, poderão contribuir com o conhecimento acerca das comunidades subterrâneas e distribuição das populações, e indicar preferências a diferentes parâmetros, como substrato e litologia, e especificidades locais.

A presença de organismos troglóbios potenciais ratifica a importância da área, dada a restrição dessa fauna ao meio subterrâneo. Estratégias de conservação devem levar em conta não apenas as cavernas, mas o ambiente subterrâneo e o meio epígeo circundante, de forma a garantir a manutenção de espaços no pacote rochoso para trânsito e estabelecimento de populações cavernícolas, continuidade da entrada de recursos tróficos e a manutenção de aspectos climáticos, como umidade e temperatura.

Future studies in the area, including more accurate identifications and comparative assessments, may contribute to the knowledge of subterranean communities and the distribution of populations. Studies may also indicate the preferences for different parameters, such as substrate and lithology and local specificities.

The presence of potential troglobite organisms further stresses the importance of the area because that fauna is restricted to the subterranean environment. Conservation strategies must take not only the caves into consideration but also the underground and the surrounding epigeal environment to ensure the maintenance of spaces in the bedrock for cave populations to transit and colonize, as well as the continuity of trophic resources input and the maintenance of climate parameters, such as humidity and temperature.

ARQUEOLOGIA PRÉ-COLONIAL NOS ALTOS DO ESPINHAÇO

*Pre-colonial Archaeology
on the High Espinhaço Range*

Vanessa Linke e Andrei Isnardis



Hoje sabemos que a região de Diamantina e municípios vizinhos abriga um enorme acervo arqueológico, registro da presença de diversas populações humanas que ali viveram desde mais de 10.000 anos atrás. Porém, até o ano de 2003, a região de Diamantina não havia sido alvo de pesquisas arqueológicas sistemáticas. Houve levantamentos preliminares, nos anos 1970 e 1980¹, mas foi uma equipe do Centro Universitário Newton Paiva² que realizou os primeiros estudos sistemáticos na região. Em 2004, nossa equipe, do Setor de Arqueologia do Museu de História Natural da UFMG, iniciou trabalhos na região, que envolveram diversas escavações, levantamentos de arte rupestre e análises dos muitos materiais arqueológicos que a Serra nos ofereceu³.

O grande potencial arqueológico da região fica evidente nas intensas ocupações de abrigos, na pré-história, por caçadores-coletores e, mais tarde, horticultores e, a partir da ocupação colonial, pelos garimpeiros, caçadores, coletores de sempre-vivas, tropeiros. Esse não é um privilégio da região de Diamantina, mas algo que se observa em todo o Espinhaço, incluindo a Serra do Cipó (como ilustrado por um dos maiores sítios da Serra, o Grande Abrigo de Santana do Riacho), a região de Conceição do Mato Dentro, a Serra do Raio (município do Serro), a região de São Gonçalo do Rio Preto, a região de Senador Modestino e de Itamarandiba.

Aqui nos dedicaremos, sobretudo, às ocupações indígenas da região de Diamantina. As pesquisas até o presente momento nos permitiram delinear dois horizontes de ocupação: um antigo, datado de aproximadamente 10.000 BP (BP significa “before present”, ou seja, antes do presente,

We now know that the Diamantina region and neighboring cities shelter a huge archeological collection, a register of several human populations that have lived there for over 10,000 years. However, the Diamantina region has only been subject to systematic archeological surveys since 2003. There were preliminary surveys in the 1970s and 1980s¹, but a team from Centro Universitário Newton Paiva² conducted the first systematic studies in the area. In 2004, our team from the Archaeology Sector of Universidade Federal de Minas Gerais Museum of Natural History started projects in the region that involved excavations, rock art surveys and analyses of the archeological material located on the range³.

The area's considerable archeological potential is evident in the intense occupation of shelters by hunter-gatherers in the prehistoric era, by horticulturists later on, and by miners, hunters, evergreen collectors, and herders from the time of colonial occupation. Such occupation is not the exclusive privilege of the Diamantina region; it has been observed across the entire Espinhaço, including the Cipó Ridge (as illustrated by one of the of the range's largest sites, the large rock shelter of Santana do Riacho), the Conceição do Mato Dentro area, the Raio Ridge (the municipality of Serro), the São Gonçalo do Rio Preto region, the Senador Modestino region and Itamarandiba.

We will emphasize native occupations in the Diamantina area. Thus far, studies have allowed us to outline two occupation horizons: an ancient one dated approximately 10,000 BP (BP means ‘before present’, which conventionally corresponds to 1950, the year when the radiocarbon dating

que, por convenção, corresponde ao ano de 1950, momento da criação do método de datação radiocarbônica); e outro, situado no período entre os séculos VII e XIV de nossa era. Não há, porém, camadas sedimentares em que tenhamos encontrado ocupações que sejam evidentemente posteriores a 8.500 BP e anteriores à era cristã. Tem-se, assim, um lapso de tempo considerável, 6.500 anos, entre os períodos datados, e não temos nenhum conjunto de artefatos que possa ser seguramente atribuído a essa descontinuidade de datações. Portanto, temos, até agora, apenas esses dois grandes períodos de ocupação, definidos a partir das escavações realizadas em abrigos.

Em três cavidades das até aqui escavadas, obtivemos datas anteriores a 8.500 anos antes do presente. Na Lapa do Caboclo, o nível arqueológico mais antigo apresentou datas de 10.560 $\pm$ 40 BP e 10.380 $\pm$ 60 BP, enquanto na Lapa do Peixe Gordo uma estrutura de combustão do nível inferior forneceu a datação de 10.210 $\pm$ 60 BP e, na Lapa da Chica, carvões foram datados de 8.760 $\pm$ 50 BP⁴.

method was created) and another one between the 7th and 14th centuries of our era. However, none of the sedimentary layers in which we have found occupations has been dated after 8,500 BP and before the Christian era. Therefore, a considerable time interval of 6,500 years exists between the dated periods, and we have no set of artifacts that may safely be attributed to those dates. We only have the two long occupation periods defined from the shelter excavations.

In three of the caves that have been excavated, we obtained dates previous to 8,500 years BP. At Caboclo Cave, the most ancient archeological level was dated 10,560 $\pm$ 40 BP and 10,380 $\pm$ 60 BP; at Peixe Gordo Cave, a combustion structure of the lower level was dated 10,210 $\pm$ 60 BP; and, at Chica Cave, charcoals were dated 8,760 $\pm$ 50 BPP⁴.

Lapa do Caboclo, Diamantina. LA/VM ►

Caboclo cave, Diamantina. ▼









Painel de arte rupestre na zona de entrada da Lapa do Caboclo, Diamantina. LA/VM

Rock art panel in the entrance zone of Caboclo cave, Diamantina.



Lapa do Peixe Gordo, Diamantina. RJ

Peixe Gordo cave, Diamantina.

Lapa da Chica, Diamantina. RJ

Chica cave, Diamantina.



Nos níveis antigos desses três sítios, observaram-se estruturas de combustão (fogueiras) em torno das quais se concentrava, de modo expressivo, material lítico. Esse material, bem como outros vestígios presentes nessas camadas, se caracteriza por uma ocorrência dominante de lascas de diversas variedades de quartzito, com uma presença secundária de lascas de quartzo, que parecem corresponder à fabricação e reforma de artefatos.

Quanto às ocupações pré-coloniais recentes, a Lapa do Caboclo nos apresentou com valiosos elementos. No período situado entre 680 +/- 50 BP e 1,220 +/- 40 BP⁵, encontramos dois conjuntos de estruturas: sepultamentos secundários e estruturas de depósito de vegetais. Sepultamentos secundários são aqueles em que os ossos primeiro recebem algum tipo de tratamento, para depois se proceder a seu enterramento, em que são depositados sem articulação anatômica.

Foram quatro as estruturas funerárias escavadas. Trata-se de sepultamento de seis pessoas, em duas delas há corpos íntegros (um adulto e uma criança de cerca de 5 anos) e nas outras há poucos ossos pertencentes a quatro outros indivíduos – todos crianças, entre dois e onze anos de idade. Os corpos, incluindo os íntegros, foram enterrados fora de suas posições anatômicas, com os ossos recobertos de pigmento, resina e penas, arranjados no interior de estojos de casca de árvore, cujas extremidades foram fechadas com peças de couro, de um lado, e palha ou pedra, de outro. Todos os estojos estavam próximos uns aos outros e com orientação cardeal bastante semelhante (Solari, Isnardis & Linke, 2012).

On the ancient levels of these three sites, combustion structures (bonfires) were observed, and lithic material was concentrated around them. This material, as well as other evidence in those layers, is characterized by a dominant occurrence of chips of different varieties of quartzite with the secondary presence of quartz chips that seem to correspond to artifact fabrication and reform.

From the recent pre-colonial occupations, Caboclo Cave has provided us with valuable elements. In the period between 680 +/- 50 BP and 1,220 +/- 40 BP⁵, we found two sets of structures: secondary burials and vegetal deposit structures. Secondary burials are the ones in which the bones receive some type of treatment before burial takes place. Bones are deposited with no anatomical articulation.

Four funerary structures were excavated, marking the burial of six people. In two of these structures, the bodies were intact (an adult and a child, approximately 5 years old), and, in the other ones, there were a few bones from four other individuals—all of them children between two and eleven years old. The bodies, including the ones that were intact, were not buried in their anatomical positions; the bones were covered with pigment, resin and feathers and arranged inside tree bark casings, whose ends were closed with leather pieces on one side and straw or stone on the other. All the casings were close to each other and had very similar cardinal orientation (Solari, Isnardis & Linke, 2012).

Sepultamentos secundários da Lapa do Caboclo:

à esquerda ilustração: o sepultamento de uma criança de idade de 3 a 5 anos; ACA

à direita fotografia: o sepultamento de um homem adulto, de idade de 41 a 60 anos. VL

Secondary burials in Caboclo cave:

Left: burial of a 3 to 5 year old child.

Right: Burial of an adult male, about 41 to 60 years old.



Quanto às estruturas vegetais encontradas, trata-se de materiais vegetais (frutos, sementes, palhas, folhas, pecíolos, raízes) postos diretamente em uma fossa, ou sobre um trançado simplificado de palha. Brasa e cinza recobriram os depósitos. Myrtle Shock (Universidade Federal do Oeste do Pará), com a ajuda de Bernardo Fogli, realizou as análises do material presente nas estruturas e pôde identificar diversas espécies: algumas nativas silvestres, como canela-de-e-ma (espécies de Velloziaceae), coquinhos (de espécies ainda não confirmadas, das quais temos o fruto, inteiro ou partido, roído por roedores ou não, e as brácteas), jatobá (*Hymenaea stilbocarpa*), matéria lenhosa (provavelmente de espécies diferentes); outras, de espécies domesticadas, o milho (*Zea mays*, fragmentos de espigas, grãos e palha) e prováveis raízes de maniva, além de outras sementes ainda não identificadas.

O uso de plantas domesticadas, como o milho e a mandioca, cria uma situação instigante. Em geral, no Brasil pré-colonial, o emprego de plantas domesticadas associa-se à produção cerâmica. Em Diamantina, os vestígios cerâmicos são muito pouco frequentes, tanto em número de fragmentos por sítio, quanto em número de sítios em que se fazem presentes. Esse é um quadro muito divergente do que se vê, para o mesmo período, em outras regiões do Brasil Central e Sudeste.

A escassez de cerâmica é um importante elemento, que torna necessários novos levantamentos, uma vez que parece que estamos diante de uma ocupação horticultora não-ceramista, situação anômala na bibliografia arqueológica brasileira. Uma possibilidade que se deve considerar é que, na ausência de sítios a céu aberto identificados que sugiram aldeias ou acampamentos, poderíamos estar diante de um conjunto de sítios de uma população que praticava a cerâmica, a qual não tinha lugar expressivo nas atividades realizadas em abrigo – informações orais sobre sítios cerâmicos são ausentes, e a inexistência de fragmentos cerâmicos no sítio utilizado como cemitério nos faz crer que é mais provável que estejamos diante de um caso em que a prática da cerâmica era restrita.

Nos níveis de ocupações pré-coloniais tardias, há conjuntos de artefatos líticos lascados recorrentes bastante característicos. Foi possível, através deles, estabelecer relações de complementaridade entre os papéis que esses abrigos desempenharam no modo de vida desse período – alguns sítios

The vegetal structures are composed of vegetal material (fruits, seeds, straw, leaves, petioles, and roots) that is placed directly in a sump or on a simplified straw trussed material. Hot charcoal and ash covered these deposits. Myrtle Shock (Universidade Federal do Oeste do Pará), with the help of Bernardo Fogli, analyzed the material in the structures and identified several different species: some native wild, species, such as Vellozia squamata (Velloziaceae species), small coconuts (species not yet confirmed, of which we have bracts and the fruit, entire or cut and gnawed by rodents or untouched), courbaril (Hymenaea stilbocarpa), and woody material (probably different species); and some domesticated species, such as corn (Zea mays, fragments of cobs, grains and straw), probably maniva roots, and other non-identified seeds.

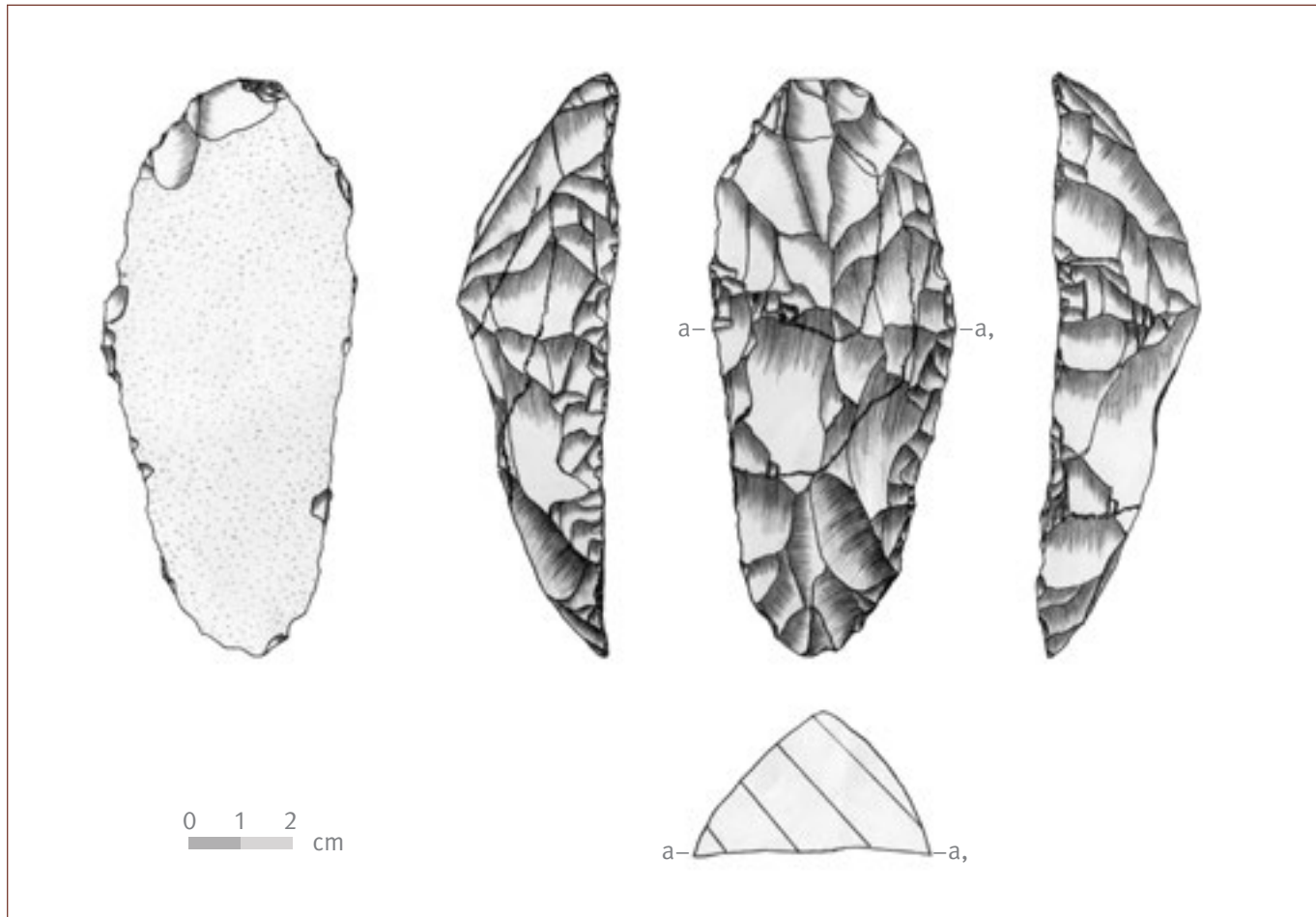
The use of domesticated plants, such as corn and manioc, creates an instigating situation. In general, in pre-colonial Brazil, the use of domesticated plants was associated to the production of ceramics. In Diamantina, ceramic traces are not very frequent, both in terms of the number of fragments per site and in terms of the number of existing sites. That picture is quite different from what has been observed during the same time period in other regions of central and southeastern Brazil.

The scarcity of ceramics is an important element that makes new surveys necessary because we seem to be facing a non-ceramist horticulturist occupation, an anomalous situation in the Brazilian archeological literature. Given the lack of identified outdoor sites that suggest settlements or camp sites, we could potentially be dealing with a group of sites of a population that practiced ceramics, which failed to have an important place in the activities performed in rock shelters — there is no oral information about ceramic sites, and the lack of ceramic fragments in the site used as a cemetery suggests that a case in which the practice of ceramics was restricted is more likely.

Regarding the late pre-colonial occupations, there are quite characteristic groups of recurrent chipped lithic artifacts. Through these artifacts, it was possible to establish complementary relationships between the roles played by those rock shelters in the way of life during that period — some sites were sources of raw material; some were places

foram fontes de matérias-primas; alguns, lugares de fabricação de artefatos; outros, lugares de uso e descarte desses mesmos artefatos (Isnardis, 2009; 2013).

where artifacts were fabricated; and others were places where the artifacts were used and disposed of (Isnardis, 2009; 2013).



Artefato plano-convexo recente da Lapa de Moisés, feito sobre plaqueta de quartzito. AP

Plan convex recent artifact from Moisés cave, made on quartzite flake.

Se por um lado temos conjuntos de artefatos em sub-superfície e superfície cujos horizontes cronológicos encontram-se bem definidos, por outro lidamos com conjuntos de grafismos rupestres para os quais não temos datas absolutas que permitam situá-los em períodos cronológicos.

A nossa única possibilidade de tentar organizar temporalmente os conjuntos gráficos da região de Diamantina é fazendo uso de comparações estilísticas e relações geográficas, explorando a possibilidade de relacioná-los a conjuntos gráficos de outras regiões do centro-mineiro para as quais se tenha datações, absolutas ou relativas (máximas e mínimas), obtidas a partir de informações contidas em sub-superfície.

On the one hand, we have groups of artifacts on the sub-surface and surface whose chronological horizons are well defined. On the other hand, we observe groups of rock graphisms for which we have no absolute dates that allow us to locate them within a distinct chronological period.

To temporally organize the graphic groups in the Diamantina area, we can potentially use stylistic comparisons and geographical relations, exploring the possibility of relating them to graphic groups in other regions in central Minas Gerais, for which absolute or relative (maximum and minimum) dating has been obtained from information in the sub-surface. Thus, we can try to relate rock graphisms in

Assim, podemos tentar relacionar os grafismos rupestres de Diamantina àqueles do Grande Abrigo de Santana do Riacho. Os conjuntos de grafismos das duas regiões se constituem por figuras que podem ser incluídas na categoria classificatória “Tradição Planalto”. Alguns dos grafismos de Santana do Riacho puderam ser situados no tempo através de dados arqueológicos situados em sub-superfície e que se relacionam aos grafismos rupestres, situando estes entre 4.340 BP e 2.000 BP (Prous & Baeta, 1992;93). Desse modo, podemos ter em mente que os grafismos de Diamantina podem se inserir nesse mesmo período cronológico.

Contudo, a localização dos grafismos em uma escala temporal é apenas uma possibilidade, às vezes um pouco obscurecida, por isso, resolvemos lidar com os grafismos a partir das possibilidades que eles nos colocam com suas diversidades gráfica, temática e estilística e com suas sobreposições.

A Tradição Planalto é caracterizada por grafismos predominantemente zoomorfos, ou seja, em formas que sugerem animais, cujos temas predominantes são os cervídeos e os peixes. No seu repertório gráfico aparecem as aves e pequenos quadrúpedes. Antropomorfos, ou seja, figuras que sugerem forma humana, figuram frequentemente associados aos cervídeos, que, por vezes, aparecem atravessados por um traço longo, sugerindo uma cena de caça. As figuras geométricas são menos frequentes no conjunto, mas foram definidas enquanto conjunto temático da tradição por serem comuns na região de Lagoa Santa, local em que a tradição foi definida (Prous, 1992). As figuras são todas realizadas a partir da técnica de pintura, com utilização de pigmentos vermelhos e amarelos, com maior frequência, aparecendo, contudo, figuras em preto e branco.

Em Diamantina, predominam as figuras zoomorfas, com presença também de antropomorfas. Essa dominância de zoomorfos é o que sugeriria a aproximação das pinturas de Diamantina com a assim chamada Tradição Planalto. Os temas presentes entre os grafismos zoomorfos são os cervídeos, peixes, as aves (que são bastante representadas na região) e outros quadrúpedes (tatus e outros não identificados). Os grafismos geométricos aparecem restritos a bastonetes e pentes e figuras amorfas aos nossos olhos.

Diamantina to the ones in the large rock shelter of Santana do Riacho. *The groups of graphisms in the two regions consist of figures that can be included in the “Tradição Planalto” classification category. Some of the graphisms in Santana do Riacho could be located in time through archeological data obtained in the sub-surface that relate to rock graphisms, inserting them between 4,340 BP and 2,000 BP (Prous & Baeta, 1992;93). Thus, we can bear in mind that graphisms from Diamantina can be inserted into that same chronological period.*

However, the location of the graphisms on a temporal scale is just one possibility that may sometimes be a bit overshadowed. Therefore, we have decided to address graphisms according to the possibilities that they present to us with their graphic, thematic and stylistic diversities and with their overlapping.

Tradição Planalto is characterized by predominantly zoomorphic graphisms, that is, shapes that suggest animals, especially cervids and fish. Its graphic repertoire includes birds and small quadrupeds. Anthropomorphs, that is, figures that suggest human shapes, usually appear in association with cervids, which are sometimes crossed by a long line, perhaps suggesting a hunting scene. Geometric figures do not occur as frequently in the assembly, but they were defined as the tradition’s thematic group because they are common in the area of Lagoa Santa, the place where the tradition was defined (Prous, 1992). The figures are more often painted using red and yellow, although black and white figures are also observed.

In Diamantina, zoomorphic figures dominate, but anthropomorphic figures are also observed. The dominance of zoomorphs suggests the proximity between paintings in Diamantina and those in the so-called Tradição Planalto. The subjects in the zoomorphic graphisms are cervids, fish, birds (often represented in the area) and other quadrupeds (armadillos and unidentified creatures). The geometric graphisms are restricted to rods, combs and figurative representations that may look amorphous to us.



Lapa do Caboclo, Diamantina. *Caboclo cave, Diamantina.* LA/VM





Pinturas rupestres na Lapa do Caboclo, Diamantina. *Rock paintings in Caboclo cave, Diamantina.* LA/VM



De um modo geral, os sítios de pinturas de Diamantina apresentam painéis com intensas sobreposições, compostos por figuras que apresentariam diversidade estilística construída em períodos mais ou menos antigos – o que foi explorado numa análise diacrônica, ou seja, considerando-se essa construção através do tempo. Tais sobreposições podem causar à nossa sensibilidade a impressão de uma desorganização. Contudo, a análise dos sítios, com a atenção voltada para a diacronia de figuras e estilos, evidenciou que, por trás do caos aparente, há uma lógica organizativa marcada pela justaposição sistemática entre as figuras, pelo encaixe de novos temas entre os contornos precedentes, bem como pela construção de figuras que englobam outras preexistentes, contornando-as atentamente.

In general, the painting sites in Diamantina feature panels with intense overlapping, consisting of figures with stylistic diversity built in ancient periods, which has been explored in a diachronic analysis, that is, considering the construction over time. The overlapping may give our sensitivity an impression of chaos. However, when the sites were assessed with a focus on figure and style diachrony, it was possible to conclude that behind the apparent chaos, there was an organizational logic marked by the systematic juxtaposition between the figures; this conclusion was reached by fitting new themes among previous outlines and by constructing figures that encompassed existing ones, delineating them attentively.



Reprodução de pinturas rupestres na Lapa do Voador. As figuras justapõem-se e sobrepõem-se de forma sistemática (os contrastes entre os tons de vermelho foram acentuados). VL/AI

Reproduction of rock paintings from Voador cave. The figures juxtapose and overlap in a systematic way (contrast between the yellow and red colors were strengthened).

Podemos perceber, ainda, que a interação diacrônica envolve diferentes atitudes. Uma delas é a apropriação de traços já existentes na parede para se compor novas figuras, que resultam de acréscimos de novas partes a figuras precedentes (como uma nova anca e novas pernas acrescentadas a um cervídeo já anteriormente pintado; ou a repintura parcial de um cervídeo, com o acréscimo de galhada). Outra é a incorporação de traços já presentes com nova função em novas figuras (como o emprego das pernas de um cervídeo para servirem de linhas de preenchimento de um peixe que a ele se sobrepõe).

We can still notice that the diachronic interaction involves different attitudes. For instance, the appropriation of lines already on the wall to create new figures resulting from the addition of new parts to previous figures (such as adding a new hip and new legs to a cervid that had already been painted or adding an antler in the partial repainting of a cervid). Another diachronic interaction involves the incorporation of existing lines with a new function in the new figures (such as using a cervid's legs to fill out an overlapping fish).

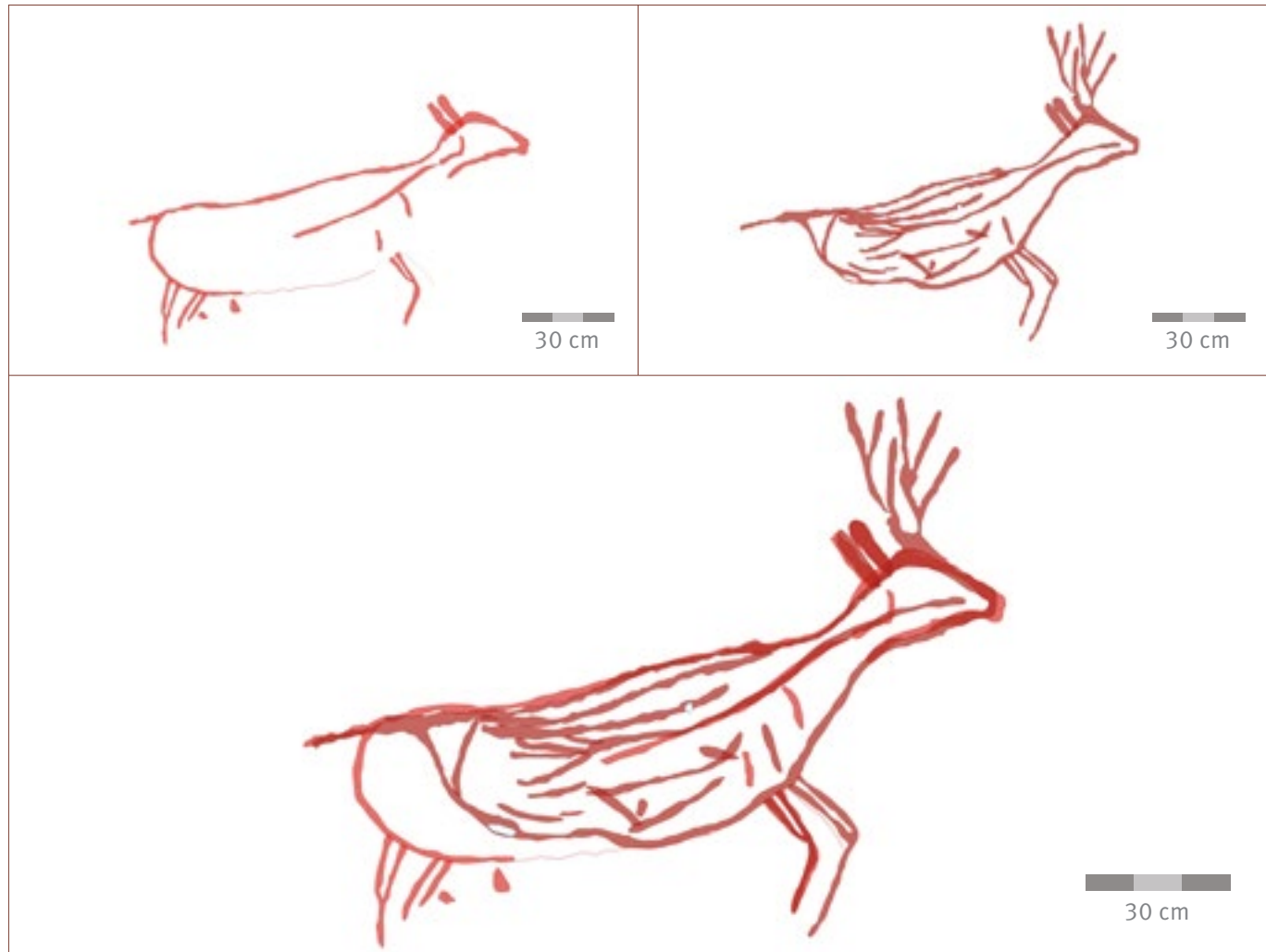


Ilustração do processo de repintura parcial de figura na Lapa do Boi. VL/AI
Illustration of the process of partial repainting of a cervid in Boi cave.

É possível arriscar dizer que para os autores pré-coloniais da região, pintar não implicava construir uma intervenção autônoma nos suportes, essa intervenção podia ser parcial ou inteiramente orientada pelas figuras que já os ocupavam – diferentemente do que se vê para outros conjuntos gráficos do interior mineiro. Queremos aqui destacar que entendemos tais comportamentos como tão relevantes para o entendimento das expressões gráficas regionais quanto suas variações estilísticas e temáticas.

Quanto à composição gráfica dos temas, podemos evidenciar modos particulares de compor as figuras, maneiras características de combinar os traços, de modo a dar a elas seu aspecto final. Os grafismos mais antigos apresentam um modo peculiar de compor zoomorfos e antropomorfos. Não

For pre-colonial authors in the area, painting possibly did not imply the creation of an independent intervention on the supports. That intervention could be partially or completely guided by the figures that already occupied them, which is different from what has been observed for other graphic groups in the countryside of Minas Gerais. We would like to stress the fact that we view these behaviors as important in understanding regional graphic expressions in terms of their stylistic and thematic variations.

Concerning the graphic composition of themes, we are able to provide evidence of the particular ways of composing the figures — the characteristic ways of combining the lines to give them their final aspect. The more ancient graphisms have a peculiar way of composing zoomorphs

há o emprego de traços contínuos ou continuados para se definir um contorno e, então, o acréscimo de traços para compor o preenchimento e delinear os membros. O que se vê são traços que se iniciam como contorno parcial e depois fazem o papel de preenchimento, ao passo que novos traços os contornam apenas parcialmente por fora, para compor mais um segmento do contorno, também incompleto, contorno que só se define ao final, pela justaposição ou derivação de traços múltiplos; por vezes um traço se inicia como preenchimento das ancas e, numa inflexão, se torna parte constitutiva da perna ou de outro apêndice corporal. Esse modo de conceber graficamente as figuras parece demonstrar uma grande familiaridade com o gestual que produz essa trama de traços sempre parciais, incompletos, quase caóticos ao início, mas que resultam em composições bastante equilibradas em termos de volumes e ritmo de elementos, produzindo um grau de naturalismo notável, sugerindo uma mão que já chega experiente e educada à parede.

and anthropomorphs. Continuous or continued lines are not used to define an outline, and lines are then not added to fill in and delineate members. We see lines that start as a partial outline and then become the filling, while new lines go around them to partially compose another segment of the also incomplete contour that will only be defined at the end by juxtaposing or deriving multiple lines. A line sometimes starts by filling the hips and, in an inflexion, becomes part of the leg or another bodily appendage. This way of graphically conceiving the figure demonstrates significant familiarity with the gestures that produce this weave of always partial, incomplete lines that are almost chaotic in the beginning but that result in quite balanced pieces in terms of the volume and rhythm of their elements, producing a remarkable level of naturalism that suggests hands that are experienced and trained to paint the wall.

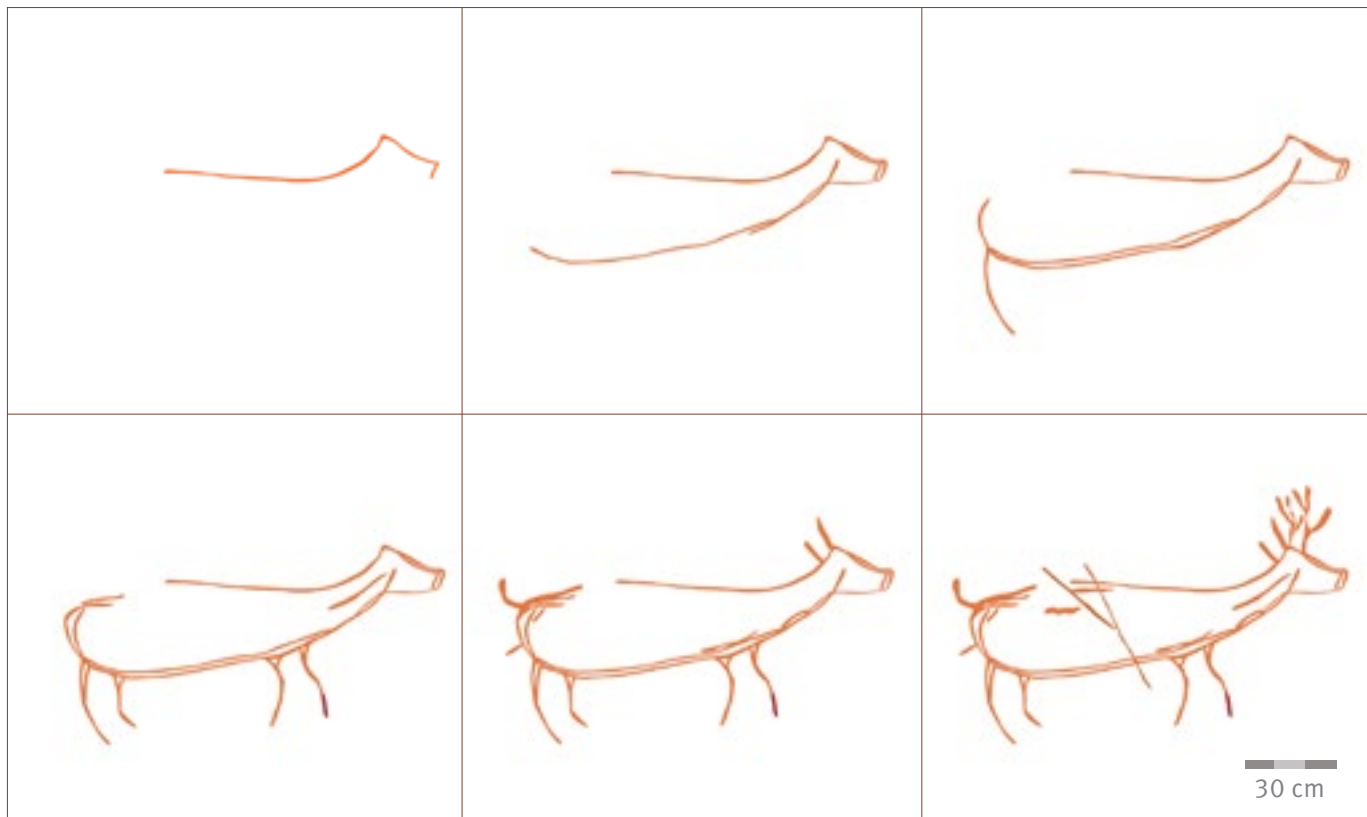


Ilustração do processo de construção de figura da Lapa do Galheiro (reconstituição hipotética). VL/AI

Illustration of the process of producing a figure in Galheiro cave (hypothetical recreation).

Um dos autores deste artigo conduziu uma análise pormenorizada dos elementos naturais da paisagem do entorno e do interior dos sítios pintados, em busca de identificar recorrências na associação entre atributos naturais e arqueológicos, que evidenciassem a estrutura da construção da paisagem por meio dos conjuntos gráficos. O resultado foi a identificação de um nítido padrão de escolha de locais a se pintar e a constatação de uma clara continuidade na eleição desses lugares à medida que se processaram as mudanças estilísticas. Os abrigos escolhidos apresentam, em sua maioria, aspectos comuns que congregam atributos do espaço interno e de sua implantação no relevo, bem como de seu posicionamento em relação a certos elementos naturais. De modo simplificado, podemos apontar que a eleição dos abrigos para receber grafismos, cujos critérios foram estabelecidos por aqueles que primeiro pintaram e mantidos pelos seus sucessores, priorizou claramente aqueles que se encontram diante de áreas de campo, facilmente acessíveis a partir destas, no sopé dos afloramentos rochosos e cujos pisos são, predominantemente, regulares, nunca distante dos cursos d'água, sempre visíveis a considerável distância e abrindo para os que o ocupam uma ampla visão do entorno. Entendemos que essa eleição – acompanhada de sua manutenção ao longo dos diversos momentos de produção dos grafismos – é expressão de uma lógica de perceber a Serra e de nela se comportar, é a construção estruturada de uma rede de lugares plenos de significado, a construção de paisagem por meio dos grafismos. Se as razões que levavam a pintar e as demais atividades a isso associadas não são ainda identificáveis, podemos reconhecer um modo de se atuar no mundo, de *inter-agir* na Serra.

One of this article's authors conducted a detailed analysis of the natural elements of the surrounding scenery and the interior of painted sites to identify recurrences in the associations between the landscape's natural and archeological attributes, which could provide evidence of the structure of the representation of the landscape by means of graphic assemblies. The result was the identification of an obvious pattern for the selection of the places to be painted and the conclusion that there is clear continuity when selecting these places, as stylistic changes were processed. Most of the time, the shelters chosen have common aspects that combine attributes of the internal space and their placement within the landscape in relation to certain natural elements. In a simplified way, we can say that the selection of shelters for graphisms, whose criteria were set forth by those who first painted them and their successors who maintained them, gave clear priority to shelters that were in front of easily accessible field areas at the foot of rock outcrops whose floors were predominantly regular, never far from watercourses, always visible from a considerable distance and offering a wide view of the surrounding area to those who occupied the shelter. We understand that this choice—and its subsequent maintenance along the different graphism production moments—is the expression of a logic of understanding and behaving in the range; is the structured construction of a network of places full of meaning—the construction of landscape through graphisms. If the reasons that lead to this painting and the other activities associated with it are not yet identifiable, we are able to recognize a way of acting in the world—a way of interacting on the range.

NOTAS

¹ Levantamentos preliminares realizados pelo Instituto de Arqueologia Brasileira (IAB) e Setor de Arqueologia do MHNJB da UFMG.

² Projeto coordenado por Andrei Isnardis, com participação de Vanessa Linke, então aluna do curso de Geografia.

³ Pesquisas financiadas com recursos da Missão Arqueológica Franco-Brasileira, FAPEMIG e CNPq.

⁴ As datações correspondem respectivamente às amostras do laboratório Beta Analytic: Beta 199502, Beta 233764, Beta 233762 e Beta 254271.

⁵ Amostras Beta 199504 e Beta 199503, respectivamente.

NOTES

¹ The Institute of Brazilian Archaeology (IAB) and the UFMG's MHNJB Archaeology Sector carried out preliminary surveys.

² Project coordinated by Andrei Isnardis, with the help of Vanessa Linke, a geography student at that time.

³ Research financed with resources from the French-Brazilian Archeological Mission, FAPEMIG and CNPq agencies.

⁴ The dating corresponds to the following Beta Analytic laboratory samples: Beta 199502, Beta 233764, Beta 233762 and Beta 254271.

⁵ Beta samples: Beta 199504 and Beta 199503, respectively.



PROTEÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO PÚBLICO

*Protection, Conservation
and Public Use*

Vitor Moura e Luciana Alt



O uso do território no passado distante e a proteção ambiental

Alguns locais da porção meridional da Serra do Espinhaço trazem extensos vestígios de ocupação humana durante a pré-história. Um local emblemático para ilustrar essa afirmação é o município de Santana do Riacho, onde situa-se um importante conjunto de abrigos sob rocha. Dentre estes, o mais estudado, desde a década de 1970, é o Grande Abrigo de Santana do Riacho, também conhecido como Lapa da Usina. Nessa região, os abrigos foram alvo de ocupação humana em caráter temporário, principalmente para fins cerimoniais, para sepultamentos ou mesmo para curtos períodos de permanência¹, sendo que as datações mais antigas obtidas no Grande Abrigo são anteriores a 9.000 BP. Além desses abrigos, os inúmeros sítios a céu aberto atestam que também existiam aldeamentos, com habitações de caráter menos transitório e locais de agricultura. Outros sítios próximos à sede municipal de Conceição do Mato Dentro, Lapinha da Serra – distrito de Santana do Riacho –, Diamantina e Itambé do Mato Dentro, entre outros, mostram que a ocupação em épocas pré-históricas foi extensiva na porção meridional da Serra do Espinhaço. Mas apesar desse caráter de distribuição espacial, os vestígios conhecidos também indicam que, possivelmente, a densidade populacional era baixa.

The use of the territory in the distant past and environmental protection

Some places in the Southern Espinhaço Mountain Range show extensive traces of human occupation during prehistory. An emblematic place that shows such prehistoric occupation is the municipality of Santana do Riacho, where an important group of rock shelters is located. Since 1970s, the most frequently studied rock shelter is the Grande Abrigo of Santana do Riacho, also known as Usina Shelter. In this area, rock shelters were subject to human occupation on a temporary basis, especially for ceremonial purposes, burials or even short stays. The oldest dates obtained at the Grande Abrigo are previous to 9,000 BP. In addition to these rock shelters, the several open-air sites attest that settlements with less transitory housing and places for agriculture also existed. Other sites near the municipal headquarters of Conceição do Mato Dentro, Lapinha da Serra (a district of Santana do Riacho), Diamantina and Itambé do Mato Dentro, among others, show that the occupation in prehistoric times was extensive in the Southern section of the Espinhaço Range. However, despite that spatial distribution, known traces also indicate that population density was possibly low.



Vista interna da Lapa do Gentio, Santana do Riacho. LA/VM

Internal view of Gentio cave, Santana do Riacho.



Pichação sobre conjunto de pinturas rupestres, na Lapa do Gentio, Santana do Riacho. LA/VM

Graffiti over rock art in Gentio cave, Santana do Riacho.



Escavação arqueológica na Lapa do Fogão, executada em 2010/2011, Conceição do Mato Dentro. VM

Archaeological excavation in Fogão cave, between 2010/2011, Conceição do Mato Dentro.



Vista interna da Lapa do Fogão, em 2014. Ao fundo, parte da planta industrial do Projeto Minas Rio, Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Internal view of Fogão cave, with the industrial plant of Minas Rio Project in the background, Conceição do Mato Dentro.

Essa informação é de suma importância para tentarmos entender como era, nesse passado distante, a relação das populações com o ambiente natural. Se tomarmos como base o relevo atual da Serra do Espinhaço, com as abruptas escarpas de rochas quartzíticas, suas áreas de altitude e campos rupestres, entremeadas por baixadas sedimentares, vales de rios e densas matas ciliares, podemos imaginar pequenos grupos humanos vivendo adaptados a esse ambiente. Nesse contexto, a proteção ambiental era, provavelmente, garantida por uma baixa densidade de população, uma consequente baixa intensidade de exploração dos recursos e pela alta resiliência, ou seja, a alta capacidade de recuperação dos sistemas naturais.

A mineração da época colonial, a urbanização e as mudanças no ambiente natural

A partir de inícios do século XVIII, se estabeleceu em Minas o que chamamos hoje de Ciclo do Ouro. Cidades como Mariana, Ouro Preto, Sabará, São João Del Rey, surgiram e se desenvolveram muito rapidamente nesse período, dado o rápido afluxo de forasteiros em busca do metal precioso. Também na Serra do Espinhaço Meridional foram fundadas cidades importantes, ligadas a esse Ciclo, como Serro, Diamantina e Conceição do Mato Dentro. Na busca intensa por riquezas minerais, a região de Diamantina foi alvo de outro importante ciclo de exploração, o Ciclo dos Diamantes. Esse importante centro regional, que surgiu no início do Ciclo do Ouro, com a atuação da Bandeira de Jerônimo Gouveia, poucos anos depois, em 1720, foi alvo da descoberta de diamantes, que colocou a cidade emergente e seus arredores em intensa exploração, com o rígido controle por parte da Coroa Portuguesa, através do estabelecimento da Intendência dos Diamantes.

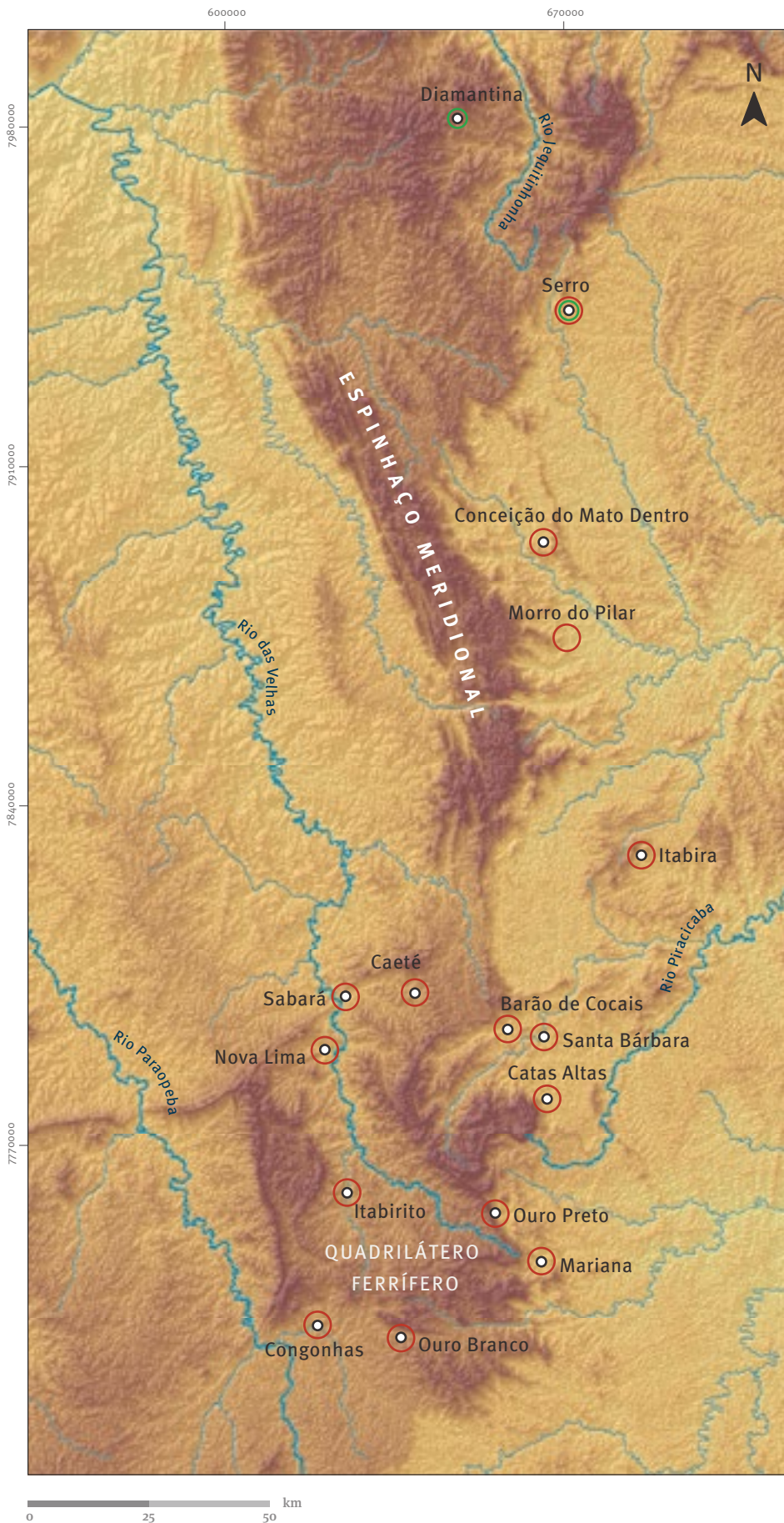
Portanto, associado à intensa atividade minerária, nessa época, o território da Serra do Espinhaço começou a ser urbanizado. Seguindo as características da urbanização portuguesa, as cidades mineradoras da região são gregárias e adensadas, geralmente surgindo em função de um caminho antigo, muitas vezes associado a vales fluviais, que concentravam o ouro mais acessível, o ouro de aluvião. Logo, com tamanho afluxo de pessoas, essas cidades avançaram sobre

This information is very important as we attempt to understand the relationship between populations and the natural environment in the distant past. If we base our observations on the Espinhaço Mountain Range's current landscape, with its steep quartzite rock cliffs and its high-altitude areas and rock fields intermingled with sedimentary lowlands, river valleys and dense riparian forests, we are able to imagine small human groups who lived there and adapted to that environment. In this context, environmental protection was probably insured by the low population density, by the resulting low intensity of resource exploration and by high resilience, that is, the high recovery capacity of natural systems.

Mining in colonial times, urbanization and changes to the natural environment

From the beginning of the 18th century, what we now call the Gold Cycle was established in the state of Minas Gerais. The cities were built very quickly during that period due to the influx of outsiders who were mining for precious metals. Cities such as Mariana, Ouro Preto, Sabará, São João Del Rey appeared at this time for that very reason. Important cities connected to this cycle were also founded at the Southern Espinhaço Mountain Range, such as Serro, Diamantina and Conceição do Mato Dentro. In the intense search for mineral wealth, the Diamantina area was subject to another important mining cycle, the Diamond Cycle. This important regional center was founded at the beginning of the Gold Cycle because of Jerônimo Gouveia's expedition. A few years later, in 1720, diamonds were discovered, and the emergent city and its surroundings were intensively explored. The Portuguese crown maintained strict control over this area through the Diamond Stewardship.

Thus, the intense mining activity in the Espinhaço territory triggered urbanization in this area. Following the characteristics of the Portuguese urbanization, the mining cities in the area are crowded and condensed, generally appearing on account of an ancient path that has often been associated with fluvial valleys that had the most accessible concentration of gold, alluvial gold. Due to the influx of people, these cities advanced up the slopes and required the farms around them to supply

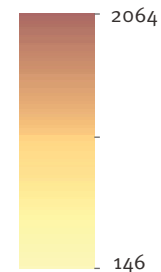


PRINCIPAIS CIDADES RELACIONADAS AOS CICLOS DE MINERAÇÃO NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL E ENTORNO

MAIN CITIES RELATED TO MINING CYCLES IN SOUTHERN ESPINHAÇO RANGE AND SURROUNDING AREAS

-  Cidades do Ciclo do Ouro
séculos XVIII e XIX
*Gold Cycle cities
18th and 19th centuries*
-  Cidades do Ciclo dos Diamantes
séculos XVIII e XIX
*Diamond Cycle cities
18th and 19th centuries*
-  Cidades do Ciclo do Ferro
séculos XIX, XX e XXI
*Iron Cycle cities
19th, 20th, 21st centuries*
-  Principais rios
Main rivers

ALTIMETRIA (m) ELEVATION (m)



Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45° WGR
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SAD'69



as vertentes e demandaram fazendas no seu entorno, para o fornecimento de produtos para alimentação e matéria-prima para edificações e outros usos.

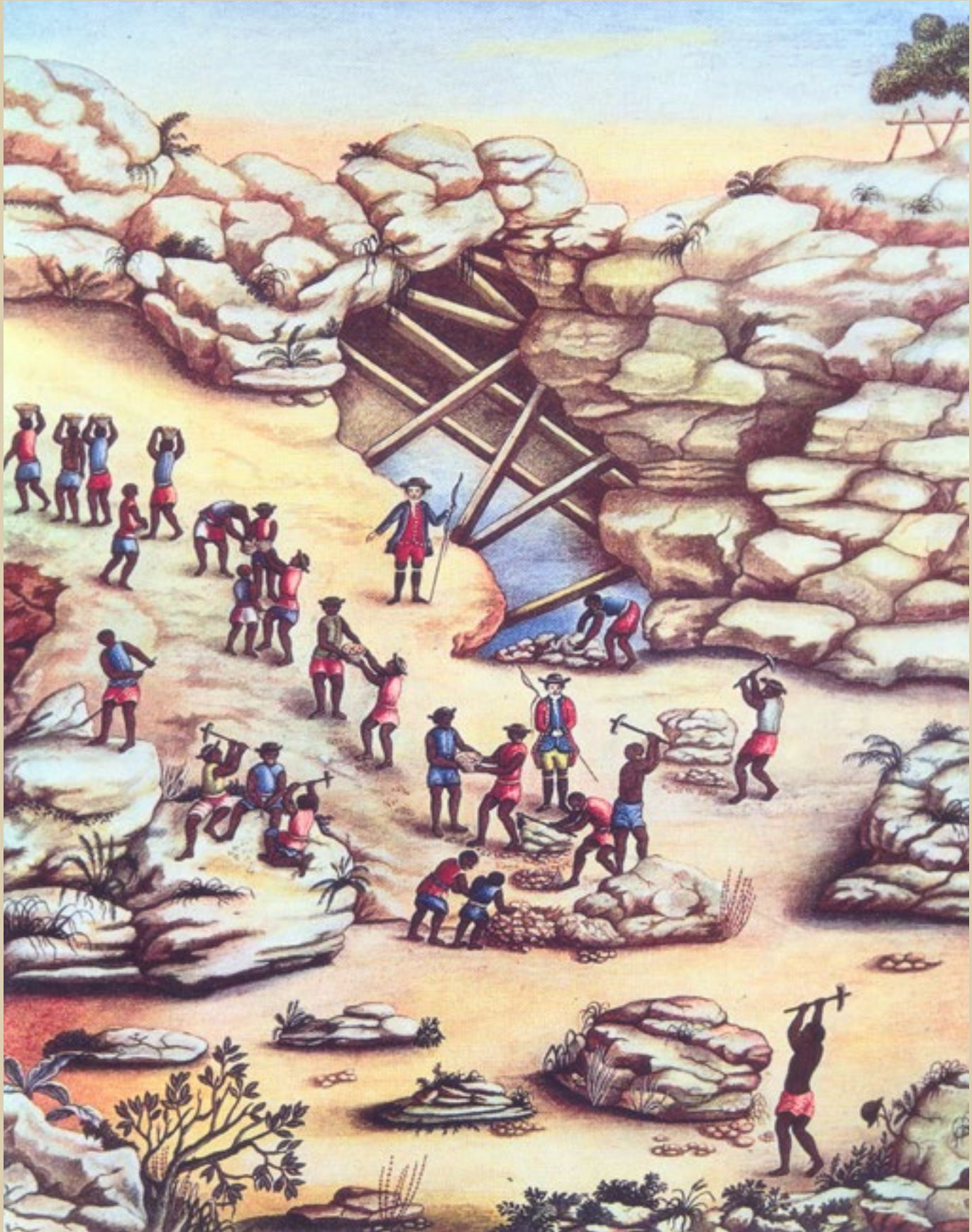
Nesse contexto, houve, certamente, grandes modificações no ambiente natural. A mineração buscou os leitos fluviais, subiu vertentes, depois seguiu para as minas subterrâneas primitivas, as chamadas grupiarias. Esse movimento, em direção ao ouro e diamantes, cada vez mais raros, certamente determinou a alteração dos leitos dos rios, o desmatamento, revolvimento e alterações substanciais nos solos das vertentes, e também as alterações inerentes às minas subterrâneas e às operações de lavagem do solo para extração do metal, como geração de rejeitos, alterações na água subterrânea, alterações de depósitos sedimentares em cavernas, e a formação de amplas áreas sujeitas a instabilidades geotécnicas. Não sabemos ao certo a medida dessas alterações, mas cidades como Ouro Preto guardam profundas cicatrizes em suas vertentes, ainda visíveis, produzidas nesse período.

A demanda por madeira, para uso nas construções e fogões, aliada à necessidade de áreas de pastagem e agricultura, certamente causaram um extenso quadro de desmatamento e modificação do solo na região da Serra do Espinhaço. O naturalista francês Auguste de Saint-Hilaire, em suas viagens pela província de Minas Gerais, no início do século XIX, descreve um quadro de intensa devastação ambiental, associado à extração do ouro e às práticas agropecuárias vigentes, culminando com a “funesta destruição das matas”.

food and raw material for the construction of buildings and for other uses.

Within this context, there were certainly relevant changes to the natural environment. Mining searched for fluvial beds, raised slopes and then proceeded to the primitive underground mines, the so-called grupiarias. This movement towards gold and diamonds certainly introduced changes to river beds, deforestation, relevant changes in the slope soil, and changes inherent to underground mines and soil-washing operations for metal extraction, such as waste generation, groundwater changes, changes to sedimentary deposits in caves and the creation of large areas subject to geotechnical instability. We do not know the exact scale of the changes, but cities such as Ouro Preto show deep visible scars on their slopes, which were produced during that period.

The demand for wood to be used in construction and in stoves, together with the need for pasture and agricultural areas, certainly resulted in extensive deforestation and deep changes to the soil in the Espinhaço Mountain Range area. During his trips around the province of Minas Gerais in the early 19th century, French naturalist Auguste de Saint-Hilaire described intense environmental devastation linked to gold extraction and to the farming practices in force, culminating with the “funest destruction of the forests”.



Mina de Diamantes, Carlos Julião - década de 1770, retratando a mineração de diamantes na Serra do Espinhaço, próxima à cidade do Serro³. DOMÍNIO PÚBLICO

Diamond mining, by Carlos Julião - 1770's, showing diamond works in the Espinhaço range area near Serro³. PUBLIC DOMAIN

Caminho dos Escravos, com núcleo urbano de Diamantina ao fundo. LA/VM

Slave trail, with the urban center of Diamantina in the background.



Sede rural nos contrafortes da Serra do Espinhaço, próximo ao núcleo urbano de Santana do Riacho. LA/VM

Farm in the foothills of Espinhaço range, near the urban center of Santana do Riacho.



Ruína em alvenaria de pedra, possivelmente associada à estruturas de mineração, localizada nos arredores de Morro do Pilar. LA/VM

Ruins of stone wall, probably associated to mining activities, in the surroundings of Morro do Pilar.





Núcleo urbano de Diamantina, ao fundo Pico do Itambé. Este pico, importante referência na paisagem, serviu como guia para viajantes naturalistas, em suas incursões pelo Espinhaço meridional, nos séculos XVIII e XIX. LA/VM

Urban center of Diamantina, with Itambé Peak in the background. This peak, an important landmark was used as a reference by naturalists visiting Espinhaço range in the 18th and 19th centuries.



Pequena propriedade rural, típica da Serra do Espinhaço, nas proximidades do antigo povoado de Mato Grosso, Serro. LA/VM

Small rural property, typical of Espinhaço range, in the surroundings of the old settlement of Mato Grosso, Serro.

O novo ciclo de desenvolvimento e o desafio da proteção ambiental

Em inícios do século XIX, a exploração do ouro em Minas Gerais entrou em franca decadência. Esse fato teve grande repercussão em termos da urbanização e de exploração dos recursos ambientais. Em geral, a população das cidades mineradoras decaiu nesse período, gerando um quadro que alguns viajantes, como Auguste de Saint-Hilaire, retrataram como desolador e decadente. Coincidentemente com essa época, existiu uma despolarização em relação às cidades mineradoras como centros de desenvolvimento, e as atividades econômicas se estenderam por outras áreas do território. Fazendas que no início do século XVIII se distribuíam no entorno das cidades passaram, no século XIX, a ocupar áreas mais distantes. Muitas dessas fazendas deram origem a outras cidades, não ligadas à atividade minerária. Nessa época, é interessante ressaltar que houve extração de salitre (composto mineral que era principalmente utilizado para produção artesanal de pólvora) em algumas cavernas da região, como na Gruta do Salitre, em Diamantina, e na sua homônima na Serra do Cipó. Essa atividade econômica, comum no século XIX, teve impactos sobre conjuntos de espeleotemas e depósitos sedimentares dessas cavernas e em diversas outras do Brasil.

Nas primeiras décadas do século XIX, principalmente através da atuação em Morro do Pilar do Intendente dos Diamantes, Manuel Ferreira da Câmara, em Congonhas, do Barão Wilhelm Ludwig von Eschwege, e no Vale do Rio Piracicaba, do engenheiro Jean Monlevade, surgiu uma incipiente indústria siderúrgica em Minas Gerais. Mas essa atividade industrial somente tomou vulto definitivo na primeira metade do século XX, com implantação de importantes plantas industriais, como as de Sabará e de Ouro Preto.

Seguindo a industrialização do país no pós-guerra, principalmente a partir de 1950, a indústria siderúrgica e a mineração se desenvolveram de forma mais intensa, resultando em outros importantes marcos, como a inclusão de Itabira, Ouro Branco, Ipatinga, Congonhas e outras cidades nesse cenário.

The new development cycle and the challenge of environmental protection

In the early 19th century, gold exploration in Minas Gerais clearly declined, which had a significant impact in terms of urbanization and the exploration of environmental resources. In general, the population in the mining cities also declined during that period, creating a picture that some travelers, such as Auguste de Saint-Hilaire, described as heartbreaking and degraded. At the same time, there was a shift away from mining cities as the center of development, and the economic activities extended to other areas of the territory. Farms that were located around the cities in the 18th century started to relocate to areas further away in the 19th century. Many of these farms were associated with the founding of other cities that were not connected with the mining activity. Interestingly, saltpeter (a mineral compound primarily used in the small-scale production of gunpowder) used to be extracted from some caves in the area, such as Salitre Cave in Diamantina and its namesake in Serra do Cipó. This economic activity was common in the 19th century and impacted groups of speleothems and sedimentary deposits in these caves and in many other caves in Brazil.

In the first decades of the 19th century, an incipient steelmaking industry appeared in the state of Minas Gerais, especially through the work of Diamond Steward Manuel Ferreira da Câmara in Morro do Pilar, Baron Wilhelm Ludwig von Eschwege in Congonhas, and engineer Jean Monlevade in the Valley of the Piracicaba River. However, this industrial activity only became important in the first half of the 20th century with the implementation of relevant industrial plants, such as those in Sabará and Ouro Preto.

Following the industrialization of the country after World War II, especially after 1950, the steelmaking industry and mining developed more intensively, resulting in other important milestones, such as the inclusion of Itabira, Ouro Branco, Ipatinga, Congonhas and other cities in this scenario.

Mais recentemente, o mercado internacional firmou o Brasil como um dos grandes exportadores de minério de ferro, determinando o que podemos chamar de um novo ciclo minerário, dessa vez centrado não mais no ouro, mas no ferro. Nesse contexto, a Serra do Espinhaço passa a ser novamente povoada por iniciativas recentes de mineração, próximas a Conceição do Mato Dentro, Serro, Guanhães e Morro do Pilar. Nesse novo ciclo econômico, entram em cena grandes empresas especializadas em mineração, cuja atuação é pautada por mudanças na legislação ambiental brasileira, ocorridas em larga escala após a Nova Constituição Federal, promulgada em 1988. Principalmente a partir desse momento, o licenciamento ambiental passou a ser determinante no processo de implantação de empreendimentos minerários e de outros ramos de atividade, buscando, em sua essência, investigar, controlar e mitigar as alterações ambientais oriundas dessas atividades.

Normalmente, os empreendimentos minerários modernos, devido à própria natureza da atividade extrativa, incluem significativas alterações ambientais de abrangência local ou regional, no contexto paisagístico e geomorfológico, tais como a remoção do solo, subsolo e da cobertura vegetal, com possíveis alterações, diretas ou indiretas na dinâmica e na qualidade de águas superficiais e subterrâneas, do ar, da fauna e da flora, e em conjuntos patrimoniais culturais e espeleológicos, centros urbanos, além de outros possíveis impactos.

A criação de uma legislação específica de proteção das cavernas e a efetivação de um processo de licenciamento para empreendimentos que causem alterações ambientais nesse conjunto patrimonial foi um marco. Esse desenvolvimento legislativo, que tomou força no início da década de 1990, está ainda em franco desenvolvimento e revisão, sendo alvo de constantes debates. Outro importante marco das novas ações de proteção e conservação ambiental, de significativa relevância para proteção de áreas cársticas, foi a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, em 2000. Esse sistema consolidou as áreas protegidas brasileiras em dois grandes grupos de manejo: Proteção Integral e Uso Sustentável. As áreas do primeiro grupo necessitam de maiores cuidados, devido a sua fragilidade ou especificidades

More recently, the international marketplace had Brazil as one of the largest exporters of iron ore, highlighting a new mining cycle focused on iron rather than gold. Within that context, the Espinhaço Mountain Range is once again filled with recent mining initiatives near Conceição do Mato Dentro, Serro, Guanhães and Morro do Pilar. In this new economic cycle, large specialized companies started to operate on the basis of significant changes in Brazilian environmental legislation that occurred after the New Federal Constitution was promulgated in 1988. Especially after that date, environmental licensing started to be required in the implementation process of mining projects and also in the implementation of projects in other fields of activity. The objective was essentially to investigate, control and mitigate environmental changes due to those activities.

Modern mining projects, due to the nature of the extractive activity itself, usually include relevant local or regional environmental changes within the landscaping and geomorphological context, such as soil, subsoil and vegetation removal, with possible direct or indirect changes to the dynamics and quality of the surface and the underground water, air, fauna and flora and also alterations in speleological and cultural heritages, urban centers and other possible impacts.

The creation of specific legislation to protect caves and the application of a licensing process for projects that cause environmental changes was a milestone. This legislative development became relevant in the early 1990s and is still being developed and reviewed—a subject of ongoing debate. Another important milestone of the new environmental protection and conservation actions, which was quite relevant for the protection of karstic areas, was the creation of the National System of Protected Areas (SNUC) in 2000. This system consolidated the protected areas in Brazil into two large groups: integral protection and sustainable use. The areas in the first group require more attention due to their fragility or environmental specificities, while the other areas consider



Vista do núcleo urbano de Conceição do Mato Dentro, com as Serras da Ferrugem e do Sapo ao fundo. LA/VM

View of the urban center of Conceição do Mato Dentro, with Ferrugem and Sapo ridges in the background.

ambientais, enquanto as outras permitem determinados tipos de uso do solo, associados a ações de conservação ambiental. Essa legislação permitiu uma racionalização das ações de planejamento e manejo de áreas naturais com características especiais, sendo uma importante estratégia para manutenção dos recursos naturais a longo prazo.

Tanto o conjunto de leis e o processo de licenciamento ambiental geral, quanto os específicos ligados às cavernas ou às unidades de conservação, colocam o Brasil em posição de destaque no cenário mundial, no que diz respeito à preocupação em combinar desenvolvimento e proteção ambiental. Infelizmente, isso ocorre longe da perfeição, com práticas que variam de caso a caso.

Focando novamente o Ciclo do Ouro, no século XVIII, ou a implantação das indústrias siderúrgicas no início do século XX, vemos que a preocupação com a proteção ambiental surgiu e aumentou no decorrer do tempo, assim como foram criados meios sem precedentes para conhecer e controlar as alterações ambientais. Resta o desafio de colocar esse poder de conhecimento e controle em equilíbrio com a escala do desenvolvimento e das alterações ambientais atuais, de magnitude e extensão nunca vistas ou imaginadas em nenhum ciclo de desenvolvimento passado.

A Serra do Espinhaço, sua importância e proteção ambiental

A Serra do Espinhaço forma um conjunto ambiental de extremo valor, em termos de diversidade geológica e biológica, e possui um importante papel de recarga hídrica para diferentes bacias hidrográficas, como a do São Francisco, do rio Doce e do Jequitinhonha, no contexto mineiro. Somente em tempos recentes, pesquisas acadêmicas e estudos ambientais ligados a processos de licenciamento viraram seu foco

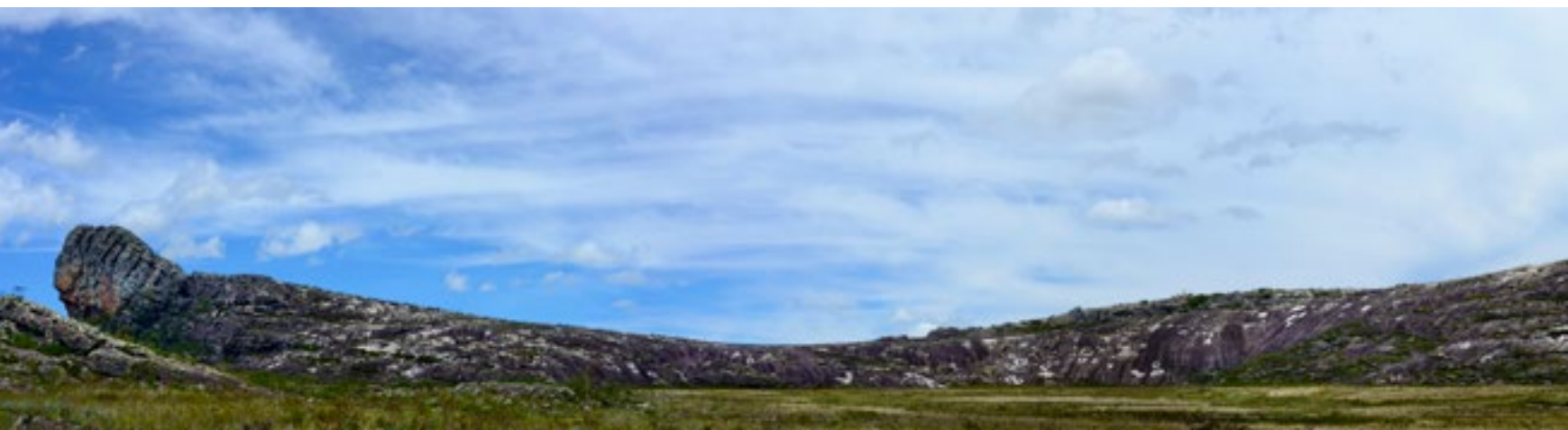
certain soil uses associated with environmental conservation actions. This legislation allowed for the development of the planning and handling actions concerning natural areas with special characteristics, which is an important strategy for maintaining natural resources in the long term.

The group of laws and the overall environmental licensing process and the laws connected to caves or to the protected areas put Brazil in the global spotlight in terms of the concern with matching development and environmental protection. Unfortunately, these laws and processes are far from perfect, with practices that vary on a case-by-case basis.

Focusing again on the Gold Cycle in the 18th century or on the implementation of the steelmaking industries in the early 20th century, we can see that the concern about environmental protection appeared and increased over time and that unique means were created in an effort to understand and control environmental changes. We still face challenges in balancing that knowledge and environmental control with the scale of development and current environmental changes which are widespread and of a magnitude that has never been observed or imagined in previous development cycles.

The Espinhaço Range, its importance and environmental protection

The Espinhaço Mountain Range forms an extremely valuable environmental landscape in terms of geological and biological diversity, and it also plays an important hydrological recharge role in different hydrographic basins, such as São Francisco, Doce and Jequitinhonha rivers, in the context of the state of Minas Gerais. The academic studies and environmental studies connected to licensing processes have only recently focused on the occurrence of caves in the different lithologies of the Espinhaço Mountain Range,



sobre a ocorrência de cavernas nas diferentes litologias da Serra do Espinhaço, reconhecendo-as como elementos de extrema importância ambiental. Tem sido um avanço o aumento de conhecimento sobre este conjunto ambiental complexo. Paralelamente, se consolida a noção de que proteger somente uma caverna isolada, ou uma porção isolada de um vale fluvial, não é suficiente para abarcar uma amostra representativa de um ambiente tão complexo.

Com essa visão sistêmica, toda a região do Espinhaço Meridional foi reconhecida como uma das áreas prioritárias para conservação da natureza, com importância biológica especial, sendo uma região que demanda a criação de mais unidades de conservação⁴. Nesse contexto, praticamente toda a região, caracterizada⁵ como Serra do Espinhaço Meridional e ainda parte do Quadrilátero Ferrífero, foi reconhecida pela UNESCO como Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço, em 2005. O objetivo dessa importante reserva é a proteção da biodiversidade, aliada ao desenvolvimento sustentável em nível regional, e a ampliação do conhecimento científico.

A inclusão da Serra do Espinhaço nessa importante categoria de proteção ambiental, de nível mundial, pode incentivar o estabelecimento de corredores ecológicos ligando os mosaicos de unidades de conservação localizados nas porções norte e sul da Serra do Espinhaço Meridional. Isso poderá facilitar, por exemplo, uma maior dispersão de espécies, a conservação da biodiversidade e a manutenção dos processos ecológicos, entre outros ganhos ambientais. Esse reconhecimento internacional tem grande relevância não somente ambiental, mas também social, devido ao reconhecido uso da Serra por populações tradicionais. Complementarmente, irá contribuir para proteção das cavernas, uma vez que essas não estão isoladas na paisagem, mas ligadas a um contexto ambiental mais amplo e complexo.

recognizing them as extremely important elements in terms of the environment. The increased knowledge about that complex environmental landscape has marked considerable progress in this area. Likewise, the idea that protecting just one isolated cave or an isolated portion of a fluvial valley is not enough to embrace a representative sample of such a complex environment has been generally accepted.

With that systemic view, the entire Southern Espinhaço Mountain Range has been recognized as one of the priority areas for nature conservation because of its special biological importance. This area demands the creation of other protected areas. Within that context, UNESCO recognized almost the entire area that is called Southern Espinhaço Mountain Range and part of Quadrilátero Ferrífero as the Espinhaço Mountain Range Biosphere Reserve in 2005. The objective of this important reserve is the protection of biodiversity, sustainable development at a regional level and increased scientific knowledge.

The inclusion of the Espinhaço Range in this important category of such world-class environmental protection may incentivize the creation of ecological corridors to connect the mosaics of protected areas located in the northern and southern portions of the Southern Espinhaço Mountain Range. It may, for example, create a better dispersion of species, conserve biodiversity and maintain ecological processes, among other environmental gains. Such international recognition is very relevant not only from an environmental perspective but also from a social perspective due to traditional populations' use of the range. Additionally, this recognition will contribute to the protection of the caves because instead of being isolated in the landscape, they are connected in a wider and more complex environmental context.

Serra da Tromba d'Anta, Diamantina. LA/VM

Tromba d'Anta ridge, Diamantina.





Serra da Tromba D'Anta,
exemplo de típica paisagem
de topo da Serra do Espinhaço,
combinando campos de
altitude e relevo montanhoso,
nos arredores de Diamantina.
LA/VM

*Tromba D'Anta ridge, an
example of a typical landscape
at the top of Espinhaço range,
combining hilly outcrops
and flat grassland fields,
surroundings of Diamantina.*



As Unidades de Conservação na parte meridional da Serra do Espinhaço

Atualmente, essa porção da Serra do Espinhaço abriga várias Unidades de Conservação – UC's⁶, como pode ser observado no mapa a seguir. Grande parte dessas unidades foi criada no final da década de 1990 e nos anos iniciais do novo milênio. Algumas existem apenas no papel, como certas Áreas de Proteção Ambiental – APAs, em nível municipal, enquanto outras são reconhecidas pela sua importância ambiental e recreacional, como o Parque Nacional da Serra do Cipó. Entretanto, efetivas ou não, essas áreas protegidas formam dois importantes mosaicos na Serra do Espinhaço Meridional.

Os mosaicos são conjuntos de unidades de conservação, de diferentes categorias, localizados em regiões próximas, justapostas ou sobrepostas, que devem ser geridos de forma conjunta. É uma estratégia de gestão integrada e participativa, que leva em consideração os diferentes objetivos de conservação, bem como as possibilidades de compatibilização entre biodiversidade, sociodiversidade e desenvolvimento sustentável⁷.

Na porção norte da Serra do Espinhaço Meridional, se localiza o oficialmente reconhecido Mosaico do Alto Jequitinhonha – Serra do Cabral, que abrange as seguintes UCs de proteção integral: Parque Nacional das Sempre Vivas; Parques Estaduais: Serra do Cabral, Biribiri, Rio Preto, Pico do Itambé, Serra Negra; e Estação Ecológica Mata dos Ausentes. Esse mosaico engloba também as seguintes Unidades de Conservação de uso sustentável: APA Estadual Água das Vertentes e as APAs Municipais Felício dos Santos e Rio Manso⁸. Algumas unidades de conservação desse mosaico abrigam inúmeras cavernas, geralmente de pequenas dimensões, como os Parques Estaduais da Serra do Cabral, do Rio Preto, e do Pico do Itambé; e a APA Municipal Felício dos Santos. No entanto, o patrimônio espeleológico ainda é pouco conhecido e estudado nessas unidades. Outras áreas protegidas nesse mosaico ainda são praticamente inexploradas do ponto de vista espeleológico.

Na porção sul da Serra do Espinhaço Meridional, localiza-se o Mosaico Serra do Cipó – Intendente, que se encontra em processo de reconhecimento/criação. Este possivelmente

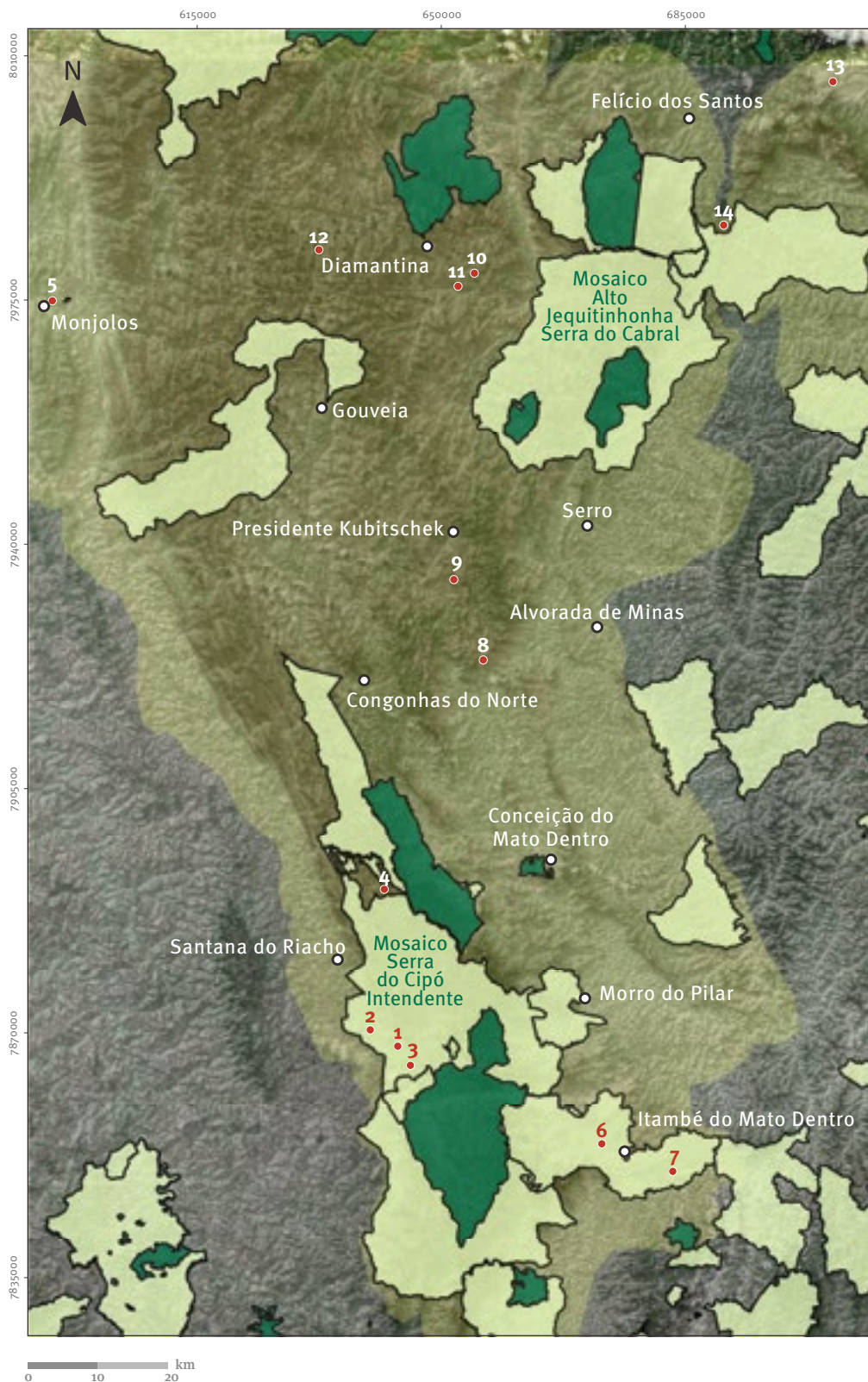
The Protected Areas in the Southern Espinhaço Range

This portion of the Espinhaço Range currently shelters several Protected Areas (PAs), as observed in the following map. Many of these protected areas were created in the late 1990s and in the first years of the new millennium. Some of them exist only on paper, including some Environmental Protection Areas (APAs), on a municipal level, while others are recognized for their important environmental and recreational role, such as the Serra do Cipó National Park. Whether truly protected or not, these areas form two important mosaics on the Southern Espinhaço Range.

The mosaics are groups of differently categorized protected areas located in juxtaposed or overlapping nearby areas that have to be managed jointly. This integrated and participative management strategy considers different conservation objectives and the compatibilization possibilities among biodiversity, sociodiversity and sustainable development.

The officially recognized Alto Jequitinhonha–Cabral Mountain Range Mosaic on the northern portion of the Southern Espinhaço Mountain Range encompasses the following hole protection PAs: Sempre Vivas National Park; and the state parks Serra do Cabral, Biribiri, Rio Preto, Itambé Peak, and Serra Negra; and the ecological station Mata dos Ausentes. This mosaic also includes the following sustainable use protected areas: state APA Água das Vertentes and municipal APAs Felício dos Santos and Rio Manso. Some of this mosaic's protected areas shelter several, generally small, caves, such as the state parks Serra do Cabral, Rio Preto, and Itambé Peak and the municipal APA of Felício dos Santos. However, the speleological heritage in these areas is still relatively unknown and is rarely studied. Other protected areas in this mosaic are almost completely unexplored from a speleological perspective.

The Serra do Cipó-Intendente mosaic, which is undergoing the recognition/creation process, is located on the southern portion of the Southern Espinhaço Range. This mosaic will



UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E PRINCIPAIS CAVERNAS COM USO PÚBLICO NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

PROTECTED AREAS AND MAIN CAVES WITH
PUBLIC USE IN SOUTHERN ESPINHAÇO RANGE

- Sedes municipais
Urban center
- Cavernas em destaque
Main caves

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

CONSERVATION UNITS ZEE-MG (2014)

- Use Sustentável
Sustainable Use
- Proteção Integral
Integral Protection
- Reserva da Biosfera
da Serra do Espinhaço
Biosphere Reserve of Espinhaço Range

CAVERNAS CAVES

- 1 - Lapa do Gentio
- 2 - Lapa da Sucupira
- 3 - Gruta do Padre Borges I
- 4 - Gruta Mata-Capim
- 5 - Gruta Pau-Ferro
- 6 - Sistema Baixada das Crioulas
- 7 - Gruta dos Milagres I
- 8 - Sistema Curral de Pedras
- 9 - Gruta Capela Velha
- 10 - Gruta do Salitre
- 11 - Gruta Monte Cristo
- 12 - Gruta Tromba D'Água
- 13 - Lapa Santa (Itamarandiba)
- 14 - Lapa Santa (Felício dos Santos)



Plano de Projeção UTM
Meridiano Central 45° WGr
Fuso 23 - Zona K
Datum Horizontal SAD'69

irá abranger, na categoria de proteção integral, o Parque Nacional da Serra do Cipó, o Parque Estadual Serra do Intendente e o Parque Municipal Natural Ribeirão do Campo. E na categoria de uso sustentável, a APA Federal Morro da Pedreira e as APAs Municipais Serra Talhada, Rio Picão, Itacuru, Hematita e Córrego da Mata. Além das Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPNs Estaduais Ermos do Espinhaço e Brumas do Espinhaço. Importantes cavernas com atividade de uso público incipiente serão abrangidas por este mosaico, tais como as localizadas no município de Santana do Riacho, com destaque para as Lapas do Gentio e da Sucupira, as Grutas do Padre Borges, Bocaina V e Mata-Capim. E, em Itambé do Mato Dentro, o Sistema Baixada das Crioulas e a Gruta dos Milagres.

Entretanto, ainda existem lacunas na proteção de importantes cavernas na Serra do Espinhaço Meridional. Algumas, de grande beleza cênica e significativa demanda de uso público, como a Gruta do Salitre, em Diamantina, as Grutas do Curral de Pedras, em Conceição do Mato Dentro, e a Lapa Santa,

probably encompass the following hole protection PAs: Serra do Cipó National Park, the state park Serra do Intendente, and the municipal natural park of Ribeirão do Campo. This mosaic also encompasses the following sustainable use PAs: APAs Morro da Pedreira, the Serra Talhada, Rio Picão, Itacuru, Córrego da Mata, and Hematita, as well as the Privates Reserves of the Natural Heritage (RPPN) Ermos do Espinhaço and Brumas do Espinhaço. Important caves with incipient public use activity are included in the Serra do Cipó-Intendente Mosaic, including caves located in the municipality of Santana do Riacho, especially the Gentio and Sucupira caves, the Padre Borges caves, and the Bocaina V and Mata-Capim caves. The Baixada das Crioulas system and Milagres Cave in the municipality of Itambé do Mato Dentro are also included in this mosaic.

There are gaps in what regards the protection of important caves on Southern Espinhaço Mountain Range. Some very beautiful caves that are highly demanded for public use, such as Salitre Cave in Diamantina, Curral de Pedras Cave in Conceição do Mato Dentro, and Lapa Santa in Felício dos Santos, are



Gruta do Padre Borges I, APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM

Padre Borges I cave, Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.

em Felício dos Santos, não estão inseridas em unidades de conservação. O mesmo acontece com cavernas que apresentam grande fragilidade associada à presença de patrimônio arqueológico, como a Lapa do Caboclo, em Diamantina e a Lapa da Capela Velha, em Presidente Kubitscheck. Ou mesmo, em cavernas com raros e frágeis depósitos químicos, como a Gruta Tromba d'Anta, em Diamantina. Todas essas estão mais vulneráveis às alterações provocadas pelo uso público descontrolado. E infelizmente, mesmo quando inseridas em UCs, muitas cavernas ainda não possuem iniciativas diretas voltadas para sua conservação e valorização. Existe grande potencial para ações de proteção do patrimônio espeleológico na região.

not included in protected areas. Similar situation happens to caves that have great fragility associated with the presence of archaeological heritage, such as Caboclo Cave in Diamantina and Capela Velha Cave in Presidente Kubitscheck. Or even to caves with rare and fragile speleothems such as Tromba d'Anta Cave in Diamantina. All this caves are vulnerable to changes caused by uncontrolled public use. Unfortunately, even in protected areas, many caves have no initiatives focused on their conservation. There is a great potentiality to enhance the protection of speleological heritage in the region.



Conjunto de espeleotemas próximo a principal entrada da Gruta da Bocaina V, APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM
Speleothems near the main entrance to Bocaina V cave, Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.

O uso público das cavernas da Serra do Espinhaço

Em algumas cavernas da região existe, como atividade tradicional, o uso religioso. Desde os primeiros momentos da exploração do ouro e dos diamantes, vieram para o Brasil, associadas à atividade econômica, as manifestações religiosas comuns à sociedade portuguesa, e aqui se mesclaram à cultura africana e indígena, dando origem a uma manifestação de forte sincretismo cultural. Isso ainda hoje é visível não só nas igrejas coloniais, mas nas procissões e inúmeras festas religiosas que povoam o interior de Minas, em especial as cidades fundadas no Ciclo do Ouro. Naturalmente, algumas cavernas próximas a esses núcleos urbanos foram associadas a espaços sagrados, como acontece em outras áreas do Brasil e do mundo.

Vemos exemplos desse uso em cavernas como as homônimas Lapa Santa, em Felício dos Santos e em Itamarandiba, que possuem altares e nichos de devoção e são alvo de peregrinações e festas de âmbito regional. Outro exemplo desse uso é a Gruta Capela Velha, em Presidente Kubitschek, com acesso e uso mais restrito, possivelmente ligado a um pequeno grupo local de garimpeiros, que possui um singelo altar e uma cruz, formada pelo alinhamento de pedras em sua entrada. A Gruta dos Milagres, em Itambé do Mato Dentro, é um exemplo de caverna intensamente utilizada no passado como local de celebrações religiosas, tendo sido, de acordo com informações orais, abrigo para missas regulares. Essa caverna ainda possui um recipiente de metal, antigamente usado para coletar água de gotejamento, que acreditava-se ter poder milagroso. Na homônima Gruta dos Milagres, em Santana do Riacho, havia uma crença de que as águas contidas em suas represas de travertino possuíam poder de cura, sendo usada por antigos moradores da região. Já próximo à entrada da Gruta do Curral de Pedras, numa região de grande beleza cênica, nos arredores do povoado de Tapera, em Conceição do Mato Dentro, eventualmente são realizadas missas campais.

Combinados ao uso religioso das cavernas, existem significativos aspectos e manifestações culturais. Entretanto, tais manifestações, comumente, causam grande afluxo de pessoas em datas específicas, geralmente excedendo a capacidade de suporte das cavernas. Com isso, infelizmente, ocorrem

The public use of the caves in the Espinhaço Mountain Range

The religious use of some caves in the area is a traditional activity. From the first moments of the gold and diamond exploration, the religious demonstrations that were common in Portuguese society came to Brazil in association with the economic activity, and these traditions mixed with those from African and native cultures to create a demonstration with strong cultural syncretism. This syncretism can still be observed not only in colonial churches but also in religious processions and other several celebrations that occur in the countryside of the state of Minas Gerais, especially in the cities founded during the Gold Cycle. Naturally, some caves near these urban nuclei were considered sacred spaces, as often occurs in other areas in Brazil and all over the world.

We see examples of this religious use in some caves, such as the homonymous Lapa Santa in Felício dos Santos and in Itamarandiba, which have altars and niches for devotion and serve as pilgrimage destinations and regional celebration venues. Another example of this use is Capela Velha Cave in Presidente Kubitschek, which has restricted access and use, possibly connected to a small local group of miners. This cave has a simple altar and a cross formed by the alignment of rocks at the entrance. Milagres Cave in Itambé do Mato Dentro was intensely used in the past as a place for religious celebrations. According to oral information, this cave was a site for regular religious services. This cave still has a metal container used to collect dripping water that was believed to have a miraculous power. In the homonymous Milagres Cave in Santana do Riacho, former inhabitants believed that the water in its rimstone dams had the power to cure and used it for that purpose. Open-air catholic masses sometimes take place near the entrance of Curral de Pedras Cave, in an area of great scenic beauty near the village of Tapera in Conceição do Mato Dentro.

Together with the religious use of the caves, there are significant cultural aspects and demonstrations. However, these demonstrations usually result in the inflow of a large number of people on specific dates, and the capacity of the caves is usually exceeded, which, unfortunately, causes environmental changes, such as sediment trampling, speleothem breaking, garbage accumulation, graffiti and other damages. Recently,

alterações ambientais como o pisoteamento de sedimentos, quebra de espeleotemas, acúmulo de lixo, pichações e outras degradações. Recentemente, algumas cavernas com uso religioso, como a Lapa Nova de Vazante, no nordeste do Estado de Minas Gerais, inserida numa região com importantes cavernas e sistemas cársticos, têm sido alvo da realização de Planos de Manejo Espeleológicos. Esses planos são fundamentais para compatibilização desse importante uso cultural com a proteção dos atributos naturais da caverna, possibilitando a preservação de diferentes aspectos patrimoniais, associados ao uso religioso das cavernas.

some caves used for religious purposes, such as the Lapa Nova cave in northern Minas Gerais, which is located in an area with important caves and karst systems, have been subject to management plans. These plans are essential to balance the caves' important cultural uses with the protection of their natural attributes, allowing for the preservation of different patrimonial aspects associated with the caves' religious uses.



Salão principal da Lapa Santa, com altar e oratório, em Felício dos Santos. LA/VM

Main room in Santa cave, with altar and oratory, Felício dos Santos.

Nicho com imagem religiosa e
ornamento, na Lapa Santa de
Felício dos Santos. LA/VM

*Alcove with religious image
and ornament, Santa cave in
Felício dos Santos.*





Imagem religiosa e
ornamentos, na Lapa
Santa, Felício dos
Santos. LA/VM

*Religious image and
ornaments, Santa cave
in Felício dos Santos.*



Entrada da Lapa Santa, Itamarandiba. LA/VM

Entrance to Santa cave, Itamarandiba.



Altar com imagens, ornamentos e ex-votos, na Lapa Santa, Itamarandiba. LA/VM
Altar with image, ornaments and "ex-votos" (vows), in Santa cave, Itamarandiba.



Delicado cruzeiro, formado pelo alinhamento de blocos de rocha, na entrada da Gruta Capela Velha, em Presidente Kubitschek. LA/VM

Delicate cross formed by alignment of rocks at the entrance to Capela Velha cave, Presidente Kubitschek.



Singelo altar, feito a partir de uma gamela, na Gruta Capela Velha, em Presidente Kubitschek. LA/VM

Altar made of a wooden bowl, Capela Velha cave, Presidente Kubitschek.

Em tempos recentes, onde a mobilidade, divulgação e procura pela utilização turística de atrativos naturais está em expansão, algumas cavernas, ao longo da Serra do Espinhaço, passaram a ser visitadas para fins recreativos e esportivos. Entre elas, destacam-se as Grutas do Salitre, Monte Cristo e Tromba d'Anta, no município de Diamantina, a Gruta Curral de Pedras, em Conceição do Mato Dentro e o Sistema Baixada das Crioulas, em Itambé do Mato Dentro. Normalmente, e em diferentes intensidades e periodicidades, essas cavernas

Now that mobility, publicity and the search for the tourist use of natural attractions are expanding, some caves along the Espinhaço Mountain Range have started to be visited for recreational and sporting activities. These caves include the Salitre, Monte Cristo and Tromba d'Anta caves in the municipality of Diamantina; Curral de Pedras Cave in Conceição do Mato Dentro; and Baixada das Crioulas II Cave in Itambé do Mato Dentro. These caves also receive isolated visitors and excursions promoted by local agents at different times of



recebem visitantes isolados, ou inseridos em excursões promovidas por agentes locais. Alguns municípios da região divulgam uma listagem de grutas como atrativos turísticos, veiculando essa informação na mídia. Entretanto, a maioria delas não está preparada para esta atividade. Assim como o uso religioso, o uso turístico demanda a realização de um Plano de Manejo Espeleológico, para que seja combinada à proteção dos atributos naturais da caverna.

the year and with different intensities. Some municipalities publish a list of caves that have tourism attractions in the media. However, most caves are not prepared for that use. As is the case with the religious use, tourism demands a management plan to ensure that this activity is considered in combination with the protection of the cave's natural attributes.



Frágil espeleotema na Gruta do Salitre, Diamantina. LA/VM

Fragile speleothem in Salitre cave, Diamantina.

Majestosa entrada da Gruta do Salitre, e vista parcial da dolina, Diamantina. LA/VM

The large entrance to Salitre cave, with a partial view of the doline, Diamantina.



Amplo salão na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Large chamber in Monte Cristo cave, Diamantina.



Frágil depósito sedimentar na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Fragile sedimentary deposit in Monte Cristo cave, Diamantina.



Entrada da Gruta Tromba d'Anta,
em Diamantina. LA/VM

*Entrance to Tromba D'Anta cave,
Diamantina.*





Abrigo de entrada da Gruta Tromba d'Anta, em Diamantina. LA/VM

Entrance shelter to Tromba D'Anta cave, Diamantina.



Amplo conduzto principal da Gruta Tromba d'Anta, em Diamantina. LA/VM

Spacious main passage in Tromba D'Anta cave, Diamantina.



Entrada da Gruta Curral de Pedras I,
Conceição do Mato Dentro. LA/VM

*Entrance to Curral de Pedras I cave,
Conceição do Mato Dentro.*



Drenagem na Gruta Curral de Pedras I (superior) e amplo conduto na Gruta Curral de Pedras II (inferior), Conceição do Mato Dentro. LA/VM
Drainage in Curral de Pedras I cave (upper) and large passage in Curral de Pedras II cave (lower), Conceição do Mato Dentro.



"Marmita" em drenagem na
Gruta Baixada das Crioulas II,
Itambé do Mato Dentro. LA/VM

*Pothole in drainage bed in
Baixada das Crioulas II cave,
Itambé do Mato Dentro.*



Sequência de poços, ao longo da drenagem da Gruta Baixada das Crioulas II, Itambé do Mato Dentro. LA/VM

Sequence of pools along the drainage in Baixada das Crioulas II cave, Itambé do Mato Dentro.



Cachoeira e poço próximos
a entrada principal da
Gruta Baixada das Crioulas
II, Itambé do Mato Dentro.
LA/VM

*Waterfall and pool near the
main entrance to Baixada
das Crioulas II cave, Itambé
do Mato Dentro.*

As cavernas são ambientes frágeis, complexos e de baixa resiliência, em função da presença de delicados depósitos químicos e clásticos, de geomorfologia peculiar, de fauna endêmica, de aspectos como o confinamento espacial, a ausência de luz e a limitação de aporte de recursos. Por outro lado, as cavernas proporcionam oportunidades educacionais, recreacionais e científicas únicas, tanto para visitantes comuns, quanto para pesquisadores. A visitação de cavernas é uma atividade importante para que o público conheça e compreenda as fragilidades, peculiaridades e belezas desse ambiente. Entretanto, quando as atividades de uso público não são manejadas de forma adequada, elas podem causar graves impactos ou mesmo destruir o que seriam os principais atrativos de uma caverna.

Um visitante, com iluminação inadequada e sem o devido acompanhamento, não chega a perceber que está pisando, quebrando, manchando de barro e simplesmente destruindo delicados espeleotemas, como as frágeis represas de travertino, por exemplo. Ao bater a cabeça, mesmo que de forma não intencional, pode-se destruir uma feição que demorou centenas de anos para ser formada, como algumas estalactites, canudos e outros espeleotemas extremamente delicados. Isso, sem contar com as ações intencionais de puro vandalismo, frequentemente identificadas em cavernas com atividades de uso público. A enorme fragilidade de algumas grutas, somada à falta de proteção efetiva, à falta de controle de entrada e à facilidade de acesso, as tornam extremamente vulneráveis. Nesse ponto, é alarmante a situação da Gruta da Viola, em Santana do Riacho, e do Sistema Baixada das Crioulas, em Itambé do Mato Dentro, onde a fragilidade dos espeleotemas é tão extrema, que a entrada inadvertida de um simples grupo de poucas pessoas pode degradar irreversivelmente o fantástico e vulnerável patrimônio ali existente. Os milênios que a natureza prodigiosamente trabalhou, produzindo a beleza dessas cavernas, se perdem em segundos, com a brutal presença de alguém desinformado e de baixa sensibilidade.

Entre as principais alterações ambientais causadas pelo uso público não planejado e controlado de cavernas estão: as pichações, a quebra de espeleotemas, a disposição indevida de lixo, o pisoteio de sedimentos e espeleotemas, a perturbação da fauna cavernícola. Também são comuns

Caves are fragile, complex environments with low resilience due to the presence of delicate chemical and clastic deposits, of peculiar geomorphology, endemic fauna, and aspects such as spatial confinement, lack of light and limited resources. On the other hand, caves provide unique educational, recreational and scientific opportunities for both common visitors and researchers. Cave visitation is an important activity for people to get to know and understand the fragilities, peculiarities and beauties of that environment. However, when public use activities are not handled appropriately, they may seriously impact or destroy what would have been a cave's main attractions.

A visitor with inappropriate lighting and no guidance does not even notice that he/she is stepping on—breaking, staining with mud or simply destroying speleothems, such as fragile rimstone dams. When bumping one's head, even unintentionally, one may destroy a feature that took hundreds of years to form, including some stalactites, straw and other extremely delicate speleothems. Intentional vandalism frequently occurs in caves with public use activities. The fragility of some caves plus the lack of effective protection, lack of entrance control and easy access make them extremely vulnerable. From that perspective, the situation in Viola Cave in Santana do Riacho and in the Baixada das Crioulas System in Itambé do Mato Dentro is alarming. In these caves, the fragility of speleothems is so extreme that the inadvertent entrance of a small group can irreversibly degrade the fantastic heritage, which is extremely vulnerable. The millennia during which nature prodigiously worked to produce the beauty of those caves are lost in seconds with the disruptive presence of uninformed and insensitive people.

Among the main environmental changes resulting from the unplanned and uncontrolled public use of caves are graffiti, speleothems breakage, inappropriate garbage disposal, sediment and speleothem trampling, and the disturbance of cave fauna. Changes resulting from the unplanned and inappropriate

alterações causadas pela instalação não planejada e inadequada de infraestrutura, como ocorreu na Gruta Monte Cristo, em Diamantina, onde foram instaladas algumas passarelas, para realização de uma filmagem, ou na Lapa Santa, de Felício dos Santos, que possui fogão a lenha e outras estruturas em um de seus principais salões, denotando um uso inadequado desse espaço.

Muitas vezes, para instalação de infraestrutura em cavernas, são alteradas feições como depósitos de sedimentos ou espeleotemas, e podem ser introduzidos materiais danosos ao ambiente cavernícola, como madeira contaminada com produtos químicos, tintas e outros exemplos, podendo afetar a sensível fauna ali existente.

Na Gruta Curral de Pedras, em Conceição do Mato Dentro, na Lapa do Gentio, em Santana do Riacho, e na Gruta do Salitre, em Diamantina, vemos exemplos de pichações extensas, de difícil remoção, que degradam, de forma talvez irreversível, o ambiente natural. Especificamente, as pichações têm efeito atrativo para um processo contínuo de alterações desse tipo, pois novos vândalos, ao verem locais com pichações, são estimulados a fazer o mesmo.

Nas cavernas em mármore, bastante ornamentadas por espeleotemas, como nas Grutas do Padre Borges, do Salitre, da Bocaina V e da Sucupira, localizadas na APA Morro da Pedreira, podem ser observados tristes exemplos de quebra intencional de espeleotemas.

É de suma importância que o planejamento de uso público das cavernas da região contemple a educação patrimonial como uma das premissas básicas.

As cavernas e abrigos sob rocha, geralmente, são ambientes propícios para conservar vestígios arqueológicos e paleontológicos, devido à sua grande estabilidade ambiental microclimática, proteção contra intempéries, e também devido às características geoquímicas e de dinâmica sedimentar específicas desses ambientes. No entanto, assim como conservam os vestígios do passado, acumulam os impactos advindos das atividades atuais, que acabam se tornando cicatrizes permanentes nesses ambientes.

Os danos ao patrimônio espeleológico, causados pela visitação sem planejamento, se tornam ainda mais graves quando o local abriga também um sítio arqueológico ou paleontológico.

installation of infrastructure are also common, as occurred at Monte Cristo Cave in Diamantina, where small bridges were installed for filming, and at Santa Cave in Felício dos Santos, which has a wood-burning stove and other structures in one of its main rooms, which reveal the inappropriate uses of the cave.

Attributes, such as sediment deposits or speleothems, are often impacted to allow for infrastructure to be installed in caves, and material that damages the cave environment, such as wood contaminated with chemical products, may be introduced and affect the existing fauna.

At Curral de Pedras Cave in Conceição do Mato Dentro, Gentio Cave in Santana do Riacho, and Salitre Cave in Diamantina, we can see examples of extensive graffiti that is difficult to remove and may cause irreversibly damages the natural environment. Graffiti perpetuates this type of change because new vandals see the paint and are motivated to do the same.

Marble caves, such as the Padre Borges, Salitre, Bocaina V and Sucupira caves, located in the Morro da Pedreira APA, are decorated with speleothems; sadly, intentional speleothem breakage can be observed there.

It is very important that planning for the public use of caves includes patrimonial education as one of its basic assumptions.

Caves and rock shelters are usually suitable environments for the conservation of archeological and paleontological traces due to their microclimatic environmental stability, weather protection, and also because of the geochemical and sedimentary dynamic characteristics specific to those environments. However, as they conserve traces from the past, they also accumulate impacts from the current activities, that becomes permanent scars in these environments.

The damages to the speleological heritage that result from unplanned visitation become even more severe when the area also shelters an archeological or paleontological site. On the Southern Espinhaço Range some caves that serve as attractions at the municipal level shelter prehistorical archeological sites, including Gentio and Sucupira Caves in Santana do Riacho, Caboclo Cave in Diamantina, and Lapa Santa in Itamarandiba. In both Gentio Cave and Sucupira Cave, many impacts resulting from uncontrolled visitation have been identified, such as graffiti on rock art panels and

Na porção meridional da Serra do Espinhaço, algumas cavernas divulgadas como atrativos em âmbito municipal abrigam sítios arqueológicos pré-históricos, como a Lapa do Gentio e a Lapa da Sucupira, em Santana do Riacho; a Lapa do Caboclo, em Diamantina; e a Lapa Santa, em Itamarandiba. Tanto na Lapa do Gentio quanto na Lapa da Sucupira identificaram-se inúmeros impactos da visitação descontrolada, como pichação sobre painéis de arte rupestre e pisoteio, gerando compactação ou perturbação do sedimento arqueológico. Já a Lapa do Caboclo, em Diamantina, possui alguns impactos, mas de pequena escala, se comparados aos observados nas cavernas de Santana do Riacho, estando relativamente bem preservada. Seu excepcional conjunto de pinturas rupestres, de extrema fragilidade, e a existência de vestígios arqueológicos nas camadas sedimentares sub-superficiais mostram o equívoco de essa caverna estar sendo promovida como atrativo do Circuito dos Diamantes. Tal atitude pode estimular uma visitação descontrolada na Lapa do Caboclo, que não está devidamente preparada para receber tal atividade, podendo sofrer danos irreversíveis tal qual, infelizmente, se observa nas cavernas de Santana do Riacho.

trampling, which generates the compaction or disturbance of the archeological sediment. Caboclo cave in Diamantina, which is quite well preserved, shows some small-scale impacts when compared with the ones observed in the caves of Santana do Riacho. Its exceptional assembly of extremely fragile rock paintings and the archeological remains in its sub-surface sedimentary layers prove that promoting that cave as an attraction in the Diamond Circuit would be a mistake. Such promotion may stimulate uncontrolled visitation to Caboclo Cave, which is not appropriately prepared for such activity. It may cause irreversible damages to the cave, especially to the archeological site, as has been observed in the caves of Santana do Riacho.



Pichações de possível cunho histórico ou religioso, na Gruta do Salitre, APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM
 Graffiti with possible historical/cultural meaning in Salitre cave, Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.



Triste exemplo de pichação, degradando a Gruta Curral de Pedras II, Conceição do Mato Dentro. LA/VM

A sad example of graffiti, degrading the environment in Curral de Pedras II cave, Conceição do Mato Dentro.



Lamentável exemplo de pichações cobrindo amplas superfícies da Lapa do Gentio, importante sítio arqueológico na APA Morro da Pedreira, Santana do Riacho. LA/VM
Sad example of graffiti covering large areas in Gentio Cave, an important archaeological site in Morro da Pedreira Environmental Protection Area, Santana do Riacho.



Acúmulo de lixo, na Lapa Santa,
Felício dos Santos. LA/VM

*Garbage in Santa cave,
Felício dos Santos.*



Conjunto de estalactites de grande
porte, quebrado, na Gruta Padre
Borges II, APA Morro da Pedreira,
Santana do Riacho. LA/VM

*Group of vandalized stalactites
in Padre Borges II cave, Morro da
Pedreira Environmental Protection Area,
Santana do Riacho.*



Passarelas de madeira, na Gruta Monte Cristo, Diamantina. LA/VM

Wood walkways in Monte Cristo cave, Diamantina.

Por outro lado, visitar uma caverna, e estar em contato direto com a natureza, pode despertar interesse, curiosidade, admiração e respeito por esse ambiente único, delicado e cheio de mistérios. Entre as cavidades com uso público mais representativo na Serra do Espinhaço está a Gruta do Salitre, reconhecida e divulgada como atrativo turístico de Diamantina, recebendo visitantes para simples contemplação da bela paisagem local, e também prática de atividades como escalada, rapel e espeleoturismo, além de visitas de cunho educacional e pesquisas científicas. A visita dessa caverna está passando por um processo de ordenamento, através da realização de um Plano de Manejo, e irá culminar, possivelmente, com a criação de uma Unidade de Conservação específica para sua proteção.

On the other hand, visiting a cave and being in direct contact with nature may increase interest in, curiosity about, and admiration and respect for this unique, delicate and mysterious environment. Salitre Cave is among the caves with more representative public use in the Espinhaço Mountain Range. It is recognized and advertised as a tourist attraction of Diamantina, receiving visitors who simply admire the beautiful local scenery and who also want activities such as climbing, rappelling and speleotourism. There are also educational activities and scientific studies associated with the cave. Cave visitation is currently undergoing an organization process through a management plan, which may result in the creation of a specific protected area for its protection.



Prática de escalada no
cânion de acesso à Gruta do
Salitre, Diamantina. LA/VM

*Climbing activities in the
canyon that leads to Salitre
cave, Diamantina.*



Paisagem da dolina e
entrada da Gruta do Salitre,
Diamantina. LA/VM

*View of the doline and
entrance to Salitre cave,
Diamantina.*

O manejo adequado de uma caverna deve garantir um nível de utilização que não provoque alterações significativas a esse ambiente e, ao mesmo tempo, propicie uma experiência interessante e instigante ao visitante. Deve despertar um sentimento combinado de admiração e respeito pelo fascinante mundo subterrâneo. Uma caverna pode servir como interface, uma verdadeira janela entre o público e o patrimônio espeleológico, constituindo um precioso instrumento de educação e sensibilização da população para a importância, fragilidade e necessidade de proteção das cavernas e ambientes cársticos. Esse tipo de interação única, que somente uma visita a uma caverna propicia, pode contribuir de forma direta para a proteção do patrimônio espeleológico de uma região como a Serra do Espinhaço, ou mesmo em um contexto mais amplo.

NOTAS

¹ De acordo com Prous (1992) e Prous & Baeta (1993).

² Segundo Vasconcelos (1974).

³ Biblioteca Nacional (1960).

⁴ Segundo Costa et al. (1998) e Drummond et al. (2005).

⁵ Caracterizada em Augustin et al. (2011).

⁶ De acordo com a Lei que criou o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, existem dois grupos de Unidades de Conservação: Proteção Integral e Uso Sustentável. O objetivo do primeiro grupo, que engloba por exemplo os parques nacionais, é proteger os ambientes naturais de alterações humanas, permitindo usos indiretos dos atributos naturais. Já as Unidades de Uso Sustentável, que incluem por exemplo as reservas extrativistas, permitem o uso econômico e social direto dos atributos naturais, e ao mesmo tempo, devem garantir a perenidade dos ambientes naturais e dos processos ecológicos.

⁷ De acordo com a Lei Federal número 9985/00, artigo 26.

⁸ De acordo com Azevedo et al. (2009).

Suitable cave management must simultaneously ensure a level of use that does not cause significant changes to that environment and provide an interesting and exciting experience for visitors. It must awaken a combined feeling of admiration and respect for this fascinating underground world. A cave can serve as an interface, a real window between people and the speleological heritage, constituting a precious education and awareness-raising instrument that teaches the population about the importance and fragility of the caves and the karst environment, which must be protected. The unique interaction that only a visit to a cave can provide may directly contribute to the protection of the speleological heritage of an area such as the Espinhaço Range or even in a broader context.

NOTES

¹ According to Prous (1992), and Prous and Baeta (1992-93).

² According to Vasconcelos (1974).

³ National Library (1960).

⁴ According to Costa et al. (1998) and Drummond et al. (2005).

⁵ As characterized in Augustin et al. (2011).

⁶ According to the law that created SNUC (Law 9.985 dated July 18, 2000), there are two types of protected areas: hole protection and sustainable use. The objective of the first group, which encompasses, for example, national parks, is to protect the natural environment from human changes, allowing for the indirect use of natural attributes. Sustainable use protected areas include, for example, extractive reserves, which allows the direct economic and social uses of natural attributes, and at the same time, must insure the perennity of natural environments and ecological processes.

⁷ According to Federal Law 9.985/00, article 26.

⁸ According to Azevedo et al. (2009).



REFERÊNCIAS

References

CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE

- ALT, L.; MOURA, V. Viajando pelas cavernas da Serra do Espinhaço. Belo Horizonte: Anglo American, 2014. 44 p.
- AULER, A. S. Quartzite caves of South America. In: WHITE, W. B.; CULVER, D. C. (Org.). Encyclopedia of Caves. Chennai: Academic Press, 2012. p. 635-639.
- AULER, A. S.; ZOGBI, L. Espeleologia: Noções Básicas. São Paulo: Redespeleo Brasil, 2005. 104 p.
- AULER, A. S.; RUBBIOLI, E. L.; BRANDI, R. As grandes cavernas do Brasil. Belo Horizonte: Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, 2001. 230 p.
- CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. Megadiversidade. Cadeia do Espinhaço: avaliação do conhecimento científico e prioridades de conservação. v. 4, n. 1-2, dez. 2008.
- CULVER, D. C.; PIPAN, T. The biology of caves and other subterranean habitats. Oxford: Oxford University Press, 2009. 254 p.
- FABRI, F. P.; AULER, A. S. Estudos geológicos em cavernas quartzíticas: estudo de caso da região de Itambé do Mato Dentro, Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brazil. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2015. 213 p.
- FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester: Wiley Blackwell, 2007. 576 p.
- GILLIESON, D. Caves: processes, development and management. Chichester: Wiley Blackwell, 1996. 340 p.
- GUNN, J. Encyclopedia of Caves and Karst Science. New York: Routledge, 2003. 960 p.
- PALMER, A. N. Cave geology. Dayton: Cave Books, 2007. 454 p.
- WERKER, V. H.; WERKER, J. C. Cave conservation and restoration. Huntsville: National Speleological Society, 2006. 600 p.
- WHITE, W. B. Geomorphology and hydrology of karst terrains. Oxford: Oxford University Press, 1988. 480 p.
- WHITE, W. B.; CULVER, D. A. Encyclopedia of caves. Chennai: Academic Press, 2012. 966 p.

CAVERNAS EM MÁRMORE

CAVES IN MARBLE

- ALMEIDA ABREU, P. A.; PFLUG, R. The geodynamic evolution of the southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil. Zbl. Geol. Paläont., Teil I, H. 1/2, p. 21-44, 1994.
- COSTA, S. M. A. O contato entre o Supergrupo Espinhaço e o Supergrupo São Francisco, na borda oeste da Serra do Espinhaço Meridional. Anais do 7º Simpósio de Geologia de Minas Gerais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo MG, 1993. p. 222-225.
- FORD, D. C.; WILLIAMS, P. W. Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester: Wiley Blackwell, 2007. 576 p.
- GABROVŠEK, F. On concepts and methods for the estimation of dissolutional denudation rates in karst areas. Geomorphology, v. 106, p. 9-14, 2009.

HARE, P. W.; GARDNER, I. W. Geomorphic indicators of vertical neotectonism along converging plate margins. ANNUAL BINGHAMTON GEOMORPHOLOGY SYMPOSIUM, Boston, 1985.

LAURITZEN, S. E. Marble stripe karst of the scandinavian caledonides: an end-member in the contact karst spectrum. Acta Carsologica, v. 30, n. 2, p. 47-79, 2001.

LAURITZEN, S.-E.; SKOGLUND, R.Ø. Glacier ice-contact speleogenesis in marble stripe karst. In: SHRODER, J. (Ed.). Treatise on Geomorphology, 2013. p. 363-396. v. 6: Karst Geomorphology.

MAGALHAES, L. Análise estrutural qualitativa dos sedimentos do Grupo Bambuí, região Sudeste da Bacia do São Francisco. Dissertação (Mestrado) – Ouro Preto, UFOP, 1988.

PALMER, A. N. The origin of maze caves. Bulletin of the National Speleological Society, v. 37, n. 3, p. 56-76, 1975.

PALMER, A. N. Cave levels and their interpretation. National Speleological Society Bulletin, v. 49, n. 2, p. 50-66, 1987.

PALMER, A. N. Origin and morphology of limestone caves. Geological Society of America Bulletin, 103, p. 1-21, 1991.

PALMER, A. N. Dynamics of Cave Development by Allogenic Water. Acta Carsologica, IZRC-SAZU, Ljubljana, v. 30, p. 13-32, 2001.

PALMER, A. N. Cave geology. Dayton: Cave Books, 2007. 454p.

RAUCH, H. W.; WHITE, W. B. Dissolution kinetics of carbonate rocks: effects of lithology on dissolution rate. Water Resources Research, v. 13, n. 2, p. 381-394, 1977.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretações preliminares. Geonomos – Revista de Geociências, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. Geonomos: Revista de Geociências, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SALLUN FILHO, W. S.; CORDEIRO, B. M.; KARMANN, I. Structural and hydrological controls on the development of a river cave in marble (Tapagem Cave-southeastern Brazil). International Journal of Speleology, Tampa, FL (USA), v. 44, n. 1, p. 75-90.

SILVA, G. L.; FREITAS, M. A.; SILVEIRA, V. N. Geologia da região centro-oeste do Parque Nacional da Serra do Cipó, MG: municípios de Jaboticatubas e Santana do Riacho. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

SKOGLUND, R. Ø.; LAURITZEN, S.-E. Subglacial maze origin in low-dip marble stripe karst: examples from Norway. Journal of Cave and Karst Studies, v. 73, n. 1, p. 31-43, 2011.

SOUZA, T. A. R. O carste em mármore na borda oeste da Serra do Cipó, MG: investigações acerca da morfodinâmica cárstica. 2011. 215f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SWEETING, M. M. Karst landforms. London: Macmillan, 1972.

UHLEIN, A. Transição Cráton-Faixa Dobrada: exemplo do cráton do São Francisco e da Faixa Araçuaí (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais: aspectos estratigráficos e estruturais. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

WHITE, W. B. Geomorphology and hydrology of karst terrains. Oxford: Oxford University Press, 1988. 480 p.

CAVERNAS EM QUARTZITO

CAVES IN QUARTZITE

- AULER, A. S. Quartzite caves of South America. In: WHITE, W. B.; CULVER, D. C. (Org.). Encyclopedia of Caves. Chennai: Academic Press, 2012. p. 635-639.

- BARTON, H.; SUAREZ, P.; MUENCH, B.; GIARRIZZO, J.; BROERING, M.; BANKS, E.; VENKATESWARAN, K. The alkali speleogenesis of Roraima Sur Cave, Venezuela. In: PROCEEDINGS 15TH INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, Kerrville, 19th-26th June 2009. National Speleological Society, p. 802-807, 2009.
- BJØRKUM, P. A. How important is pressure in causing dissolution of quartz in sandstones? *Journal of Sedimentary Research*, 66, p. 147-154, 1996.
- BRICHTA, A.; PATERNOSTER, K.; SCHOLL, W. U.; TURINSKY, F. Die Gruta do Salitre bei Diamantina, Minas Gerais, Brasilien, Kein "Einsturzloch". *Zeitschrift fur Geomorphologie*, v. 24, p. 236-242, 1980.
- CHALCRAFT, D.; PYE, K. Humid tropical weathering of quartzite in southeastern Venezuela. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 28, p. 321-332, 1984.
- CORRÊA NETO, A. V. Speleogenesis in quartzites in southeastern Minas Gerais, Brazil. In: Klimchouk, A. et al. (Ed.). *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville: National Speleological Society, 2000. p. 452-547.
- CRUZ, L. V.; PEREIRA FILHO, M.; LOPES, M. V. C. O.; MOURÃO, R. C. Avaliação Espeleológica da Serra Cabeça de Boi, Fazenda Ponte-Itambé do Mato Dentro-MG. In: *Anais do XXV Congresso Brasileiro de Espeleologia*, 1999. p. 27.
- FABRI, F. P. Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- GENSER, H.; MEHL, J. Einsturzlocher in silikatischen Gesteinen Venezuelas und Brasiliens. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, v. 21, p. 431-444, 1977.
- GROSSI SAD, J. H.; MOURÃO, M. A. A.; GUIMARÃES, M. L. V.; KNAUER, L. G. Geologia da Falha Conceição do Mato Dentro. Minas Gerais. 1997. Projeto Espinhaço. CD-Rom.
- JENNINGS, J. N. Sandstone pseudokarst or karst? In: YOUNG, R. W.; NANSON, G. C. (Ed.). *Aspects of Australian Sandstone Landscapes Australian and New Zealand Geomorphology Group Special Publication 1*, 1983. p. 21-30.
- KNAUER, L. G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, v. 15, n. 1, p. 81-90, 2007.
- MEYER, E. E.; GREENE, G. W.; ALCANTAR, N. A.; ISRAELACHVILI, J. N.; BOLES, J. R. Experimental investigation of the dissolution of quartz by a muscovite mica surface: implications for pressure solution. *Journal of Geophysical Research*, v. 111, p. 1-4, 2006.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos: Revista de Geociências*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SILVA, S. M. Carstificação em rochas siliciclásticas: estudo de caso na Serra do Ibitipoca, Minas Gerais. 143 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- SOUZA, F. C. R. Caracterização das feições cársticas desenvolvidas em quartzitos na região Sudeste de Diamantina/MG. 228 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- SOUZA, F. C. R.; 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.
- ROMANÍ, J. R. V.; BOURNE, J. A.; TWIDALE, C. R.; CAMPBELL, E. M. Siliceous cylindrical speleothems in granitoids in warm semiarid and humid climates. *Z. Geomorph. N.F.* 47, n. 4, p. 417-437, 2003.
- SAURO, F. Structural and lithological guidance on speleogenesis in quartz-sandstone: evidence of the arenisation process. *Geomorphology*, 226, p. 106-123, 2014.
- STRIEBEL, T.; SCHAFFERJOHANN, V. Karstification of sandstone in Central Europe: attempts to validate chemical solution by analyses of water and precipitates. In: PROCEEDINGS 12TH INTERNATIONAL CONGRESS OF SPELEOLOGY, 10th-17th August 1997, La Chaux des Fonds. Swiss Speleological Society, p. 473-476, 1997.
- VASCONCELOS, A. M. C. Estudo da evolução pedológica nos ambientes cársticos desenvolvidos em rochas carbonáticas e siliciclásticas da região entre Santo Hipólito e Diamantina, MG: interações no criptocarste. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- WIEGAND J.; FEY, M.; HAUS, N.; KARMANN, I. Investigações Geoquímicas e hidroquímicas da gênese de carste em arenitos e quartzitos da Chapada Diamantina e Quadrilátero Ferrífero (Brasil). *Z.d.t. geol. Ges.*, v. 155, p. 61-90, 2004.
- WILLEMS, L.; RODET, J.; POUCLLET, A.; MELO, S.; RODET, M. J.; COMPÉRE, P. H.; HATERT, F.; AULER, A. A. Karst in sandstones and quartzites of Minas Gerais, Brazil. *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe*, Corunã, 33, p. 127-138, 2008.
- WRAY, R. A. L. A global review of solutational weathering forms on quartz sandstones. *Earth-Science Reviews*, v. 42, p. 137-160, 1997.
- WRAY, R. A. L. The formation and significance of coralline silica speleothems in the Sidney Basin, southeastern Australia. *Physical Geography*, v. 18, p. 01-17, 1997.
- WRAY, R. A. L. Opal and chalcedony speleothems on quartz sandstone in the Sidney region, southeastern Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, v. 46, p. 623-632, 1999.
- WRAY, R.A.L. Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. *Geomorphology*, v. 110, p. 203-211, 2009.

CAVERNAS EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS

CAVES IN IRON FORMATIONS

- ALMEIDA-ABREU, P. A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o Rifte, a Bacia e o Orógeno. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 1-18, 1995.
- AULER, A. S. O legado espeleológico de George Simmons. *O Carste*, v. 17, n. 3, p. 73-77, 2005.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B. Aspectos morfológicos e evolução de cavernas em minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: II ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, IG-USP. Caderno de Resumos, p. 8, 2007.
- AULER, A. S.; PILÓ, L. B.; PARKER, C.; SENKO, J.; SASOWSKY, I. D.; BARTON, H. Hypogene cave patterns in iron ore: Convergence of forms or processes? In: KLIMCHOUK, A.; SASOWSKY, I. D.; MYLROIE, J.; ENGEL, S. A.; ENGEL, A. S. (Org.). *Hypogene cave morphologies*. Lewisburg: Karst Waters Institute, 2014. p. 15-19.
- BOWDEN, D. J. Sub-laterite cave systems and other pseudo-karst phenomena in the humid tropics: the example of the Kasewe Hills, Sierra Leone. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 24, p. 77-90, 1980.
- BRICHTA, A.; PATERNOSTER, K.; SCHOLL, W. U.; TURINSKY, F. Die Gruta do Salitre bei Diamantina, Minas Gerais, Brasilien, kein "Einsturzloch". *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 24, p. 236-242, 1980.
- CHABERT, C.; COURBON, P. Atlas des Cavités Non Calcaires du Monde. Au Pré de Madame Carle: Union Internationale de Spéléologie, 1997. 109 p.
- CHEMALE JR., F.; DUSSIN, I.; MARTINS, M.; SANTOS, M. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). *Geonomos*, 19 fev. 2011.
- DORR, J. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *United States Geological Survey Professional Paper*, 641-A, 110 p, 1969.

DUSSIN, I. A.; UHLEIN, A.; DOSSIN, T. M. Geologia da faixa móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. XXXIII CONGR. BRAS. GEOL. 1984, Rio de Janeiro. Anais, p. 3118-3132.

DUSSIN, T. M. Geologia e geoquímica das formações ferríferas da Serra da Serpentina, Conceição do Mato Dentro-MG. Dissertação (Mestrado) – UnB, Brasília, 1985.

GOUDIE, A. S. Duricrusts in tropical and subtropical landscapes. Oxford Research Series, p. 174, 1973.

MARSHAK, S.; ALKMIN, F. F. Proterozoic contraction|extension tectonics of the southern São Francisco region, Minas Gerais, Brazil. Tectonics, v. 8, n. 3, p. 555-571, 1989.

MAURITY, C. W.; KOTSCHOUBEY, B. Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 – Serra dos Carajás-PA. Degradação, pseudocarstificação, espeleotemas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra, 7, p. 331-362, 1995.

MCFARLANE, M. J.; TWIDALE, C. R. Karstic features associated with tropical weathering profiles. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl. Bd, 64, p. 73-95, 1987.

PARKER, C.; WOLF, J.; AULER, A. S.; BARTON, H.; SENKO, J. Microbial reducibility of Fe (III) phases associated with the genesis of iron ore caves in the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil. Minerals, 3, p. 395-411, 2013.

PFLUG, R. A geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes, Minas Gerais. Boletim 226, Rio de Janeiro, DNPM/DGM, 1965. 51 p.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. As cavernas em minério de ferro e canga de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, MG. O Carste, v. 17, n. 3, p. 93-105, 2005.

PILÓ, L. B.; AULER, A. S. Geoespeleologia das cavernas em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30, 2009, Montes Claros. Anais. Montes Claros: SBE, 2009. p. 181-186.

PINHEIRO, R. V. L.; MAURITY, C. W. As cavernas em rochas intempéricas da Serra dos Carajás (PA) – Brasil. Anais 1º Congresso de Espeleologia da América Latina e do Caribe. Belo Horizonte, 1988. p. 179-186.

SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. Geonomos: Revista de Geociências, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.

SIMMONS, G. C. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. The National Speleological Society Bulletin, 25, p. 66-72, 1963.

UHLEIN, A.; DARDENE, M. A. Estratigrafia e tectônica da região de Serro, borda leste da Serra do Espinhaço Meridional. Anais XXXIII Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, v. 5, p. 2289-2301, 1984.

UHLEIN, A.; DOSSIN, T. M.; CHAVES, M. L. S. C. Contribuição à geologia estrutural e tectônica de rochas arqueanas e proterozóicas da Serra do Espinhaço Meridional, MG. Anais XXXIV Congr. Bras. Geol., Goiânia, v. 3, p. 1191-1203, 1986.

VALADÃO, R. C. Geodinâmica de superfícies de aplanamento, desnudação continental e tectônica ativa como condicionantes da megageomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia, 10, 2, p. 77-90, 2009.

VILELA, O. V.; SANTOS, O. DE M. Dados preliminares sobre o depósito de minério de ferro da serra da Serpentina, Conceição do Mato Dentro, MG. II SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, Belo Horizonte. Anais..., p. 333-346, 1983.

VILELA, O. V.; LAGUNA, A. C. M.; SANTOS, O. DE M. Prospecção e geologia da jazida de minério de ferro do Morro do Pilar, MG. II SIMP. GEOL. MINAS GERAIS, Belo Horizonte. Anais..., p. 321-332, 1983.

ÁGUAS E CAVERNAS

WATER AND CAVES

ALEY, T.; FLETCHER, M. W. The water tracers cookbook. Missouri Speleology, v. 16, n. 3, p. 1-32, 1976.

BONACCI, O. Karst hydrology with special references to the Dinaric karst. Berlin: Springer Verlag, 1987. 184 p.

DREW, D.; HÖTZL, H. (Ed.). Karst Hydrogeology and human activities: impacts, consequences and implications: IAH International Contributions to hydrogeology, 20. Boca Ratón: CRC Press, 1999. 338 p.

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. Prentice Hall, 2000. 598 p.

FORD, D.; WILLIAMS, P. D. Karst hydrogeology and geomorphology. Chichester: Wiley Blackwell, 2007. 576 p.

FREEZE, A.; CHERRY, J. A. Groundwater. Prentice Hall, 1979. 604 p.

GOLDSCHIEDER, N.; DREW, D. Methods in karst hydrogeology: IAH: International Contributions to hydrogeology, 26. Boca Ratón: CRC Press, 2007. 278 p.

GUNN, J. Encyclopedia of Caves and Karst Science. Routledge, 2003. 960 p.

KLIMCHOUK, A. B.; FORD, D. C.; PALMER, A. N.; DREYBRODT, W. Speleogenesis, evolution of karst aquifers. National Speleological Society, 2000. 527 p.

MILANOVIĆ, P. Karst hydrogeology. Littleton: Water Resources Publications, 1981. 434 p.

MULL, D. S.; LIEBERMANN, T. D.; SMOOT, J. L.; AND WOOSLEY JR., L. H. Application of dye-tracing techniques for determining solute-transport characteristics of ground water in karst terranes, Rep. EPA 904/6-88-001, U.S. Environmental Protection Agency, Atlanta, Ga., 1988. 103 p.

SMART, P. L. A laboratory evaluation of the use of activated carbon for the detection of tracer Rhodamine WT. 118 p. Master's thesis – University of Alberta, 1972.

YEVJEVICH, V. M. Karst hydrology and water resources: proceedings of the U.S.-Yugoslavian symposium, Dubrovnik, June 2-7, 1975, v. 1.

A VIDA SUBTERRÂNEA

SUBTERRANEAN LIFE

BARATA, R. A.; APOLINARIO, E. C. Sandflies (Diptera: Psychodidae) from caves of the quartzite Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 107, p. 1016-1020, 2012.

BRAGAGNOLO, C.; HARA, M. R.; PINTO-DA-ROCHA, R. A new family of Gonyleptoidea from South America (Opiliones, Laniatores). Zoological Journal of the Linnean Society, 173, p. 296-319, 2015.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. The biology of caves and other subterranean habitats. Oxford: Oxford University Press, 2009. 254 p.

CULVER, D. C.; PIPAN, T. Shallow subterranean habitats: ecology, evolution, and conservation. Oxford: Oxford University Press, 2014. 288 p.

GUADANUCCI, J. P. L.; BRAGA, P. L. M.; SA, F. S. Aspects of the activity rhythm and population size of troglomorphic mygalomorph spiders (sp., Dipluridae) in a quartzite cave in Minas Gerais, Brazil. Journal of Natural History, 1, p. 1-15, 2014.

GNASPINI, P. Guano communities. In: CULVER, David C.; WHITE, William B. (Org.). Encyclopedia of Caves. Amsterdam: Elsevier, 2012. p. 357-364.

GNASPINI, P.; TRAJANO, E. Brazilian cave invertebrates, with a checklist of troglomorphic taxa. Revista Brasileira de Entomologia, 38, p. 549-584, 1994.

FERREIRA, R. L. A vida subterrânea nos campos ferruginosos. O Carste, v. 17, n. 3, 2005.

PALACIOS-VARGAS, J. G.; GNASPINI-NETTO, P. A new brazilian species of Acherontides (Collembola: Hypogastruridae), with notes on its ecology. Journal of the Kansas Entomological Society, v. 65, n. 4, p. 443-447, 1992.

PINTO-DA-ROCHA, R. Sinopse da fauna cavernícola do Brasil (1907-1994). Papéis Avulsos de Zoologia, v. 39, n. 6, p. 61-173, 1995.

SILVA, M. S.; MARTINS, R. P.; FERREIRA, R. L. Cave lithology determining the structure of the invertebrate communities in the Brazilian Atlantic Rain Forest. Biodiversity and Conservation, v. 20, n. 8, p. 1713-1729, 2001.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. Biologia subterrânea. São Paulo: Redespelo Brasil, 2006. v. 1. 92 p.

TRAJANO, E.; BICHUETTE, M. E. Diversity of brazilian subterranean invertebrates, with a list of troglomorphic taxa. Subterranean Biology, 7, p. 1-16, 2010.

ARQUEOLOGIA PRÉ-COLONIAL NOS ALTOS DO ESPINHAÇO

PRE-COLONIAL ARCHAEOLOGY ON THE HIGH ESPINHAÇO RANGE

CUNHA, E. F. da. Estudo de cadeia operatória do conjunto lítico do sítio arqueológico Lapa do Chumbinho 01, Serra do Espinhaço Meridional, Diamantina, MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Humanidades) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

ISNARDIS, A. Notas sobre a solidão das indústrias líticas. In: BUENO, L.; ISNARDIS, A. (Org.). Das pedras aos homens: tecnologia lítica na arqueologia brasileira. Belo Horizonte: Argumentum/CAPE/FAPEMIG, 2007. p. 195-207.

ISNARDIS, A. Entre as pedras: as ocupações pré-históricas recentes e os grafismos rupestres da região de Diamantina, Minas Gerais. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ISNARDIS, A. Pedras na areia: as indústrias líticas e o contexto horticultor do Holoceno Superior na região de Diamantina, Minas Gerais. Revista Espinhaço, v. 2, n. 2, p. 54-67, 2013.

ISNARDIS, A.; LINKE, V. Pedras pintadas, paisagens construídas: a integração de elementos culturalmente arquitetados na transformação e manutenção da paisagem. Revista de Arqueologia, v. 23, n. 1, p. 42-58, 2010.

ISNARDIS, A.; LINKE, V.; PROUS, A. Stylistic approach of Planalto Tradition paintings in Central Brasil. In: OOSTERBECK, L.; RAPOSO, J. (Ed.). Livre de resumes XV Congress de la Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques. Lisboa: UISPP, 2006. v. II. p. 459.

ISNARDIS, A.; LINKE, V.; PROUS, A. Variabilité stylistique dans la tradition rupestre “Planalto” du Brésil Central: un même ensemble thématique, plusieurs esthétiques. In: HEYD, Thomas; CLEGG, John (Ed.). Aesthetics and rock art. Oxford: BAR, 2008. p. 45-51.

FAGUNDES, M. Projeto Arqueológico Alto Jequitinhonha: relatório 2010-2012. Diamantina-MG: LAEP/UFVJM, IPHAN/MG, 2012.

FAGUNDES, M. O Projeto Arqueológico Alto Jequitinhonha (PAAJ) e a área arqueológica de Serra Negra, Alto Araçuaí, Minas Gerais: aspectos gerais. Revista Espinhaço, v. 2, n. 2, p. 68-95, 2013.

FAGUNDES, M. et al. Implicações geológicas e ecológicas para assentamentos humanos pretéritos: estudo de caso no complexo arqueológico Campo das Flores, área arqueológica de Serra Negra, Vale do Araçuaí, Minas Gerais. Revista Espinhaço, v. 1, n. 1, p. 41-58, 2012.

FAGUNDES, M.; LARA, L. L.; LEITE, V. A. Paisagem cultural da área

arqueológica de Serra Negra, Vale do Araçuaí-MG: os sítios do complexo arqueológico Campo das Flores, municípios de Senador Modestino Gonçalves e Itamarandiba. Tarairiú – Revista Eletrônica do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB, v. 1, n. 5, p. 41-66, 2012.

FAGUNDES, M.; FERREIRA, M. A arte rupestre na área arqueológica de Serra Negra: estudos cronoestilísticos do sítio Amaro 01 e seu repertório cultural, Itamarandiba, Minas Gerais. Anais do I Congresso Internacional Interdisciplinar em Sociais e Humanidades, 2013. p. 1-10.

FERREIRA, E. Conjuntos estilísticos da Serra dos Índios: estudo da arte rupestre do Alto Jequitinhonha, Planalto de Minas, MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Humanidades) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

LEITE, V. A. Estudo diacrônico-estilístico da arte rupestre do Sítio Itanguá 06, complexo arqueológico Campo das Flores, Vale do Araçuaí, Minas Gerais. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Humanidades) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

LINKE, V. Os conjuntos gráficos pré-históricos do centro e norte mineiros: estilos e territórios em uma análise macro-regional. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LINKE, V. Onde é que se grafa? As relações entre os conjuntos estilísticos rupestres da região de Diamantina (Minas Gerais) e o mundo envolvente. Revista Espinhaço, v. 2, n. 2, p. 118-131, 2013.

LINKE, V. Paisagens dos sítios de pintura rupestre da região de Diamantina – Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LINKE, V.; ISNARDIS, A. Arqueologia pré-histórica da região de Diamantina (Minas Gerais): perspectivas e síntese das pesquisas. Arquivos do Museu de História Natural da UFMG, v. 21, p. 27-57, 2012.

LINKE, V.; ISNARDIS, A. Concepções estéticas dos conjuntos gráficos da Tradição Planalto, na região de Diamantina (Brasil Central). Revista de Arqueologia, n. 21, p. 27-43, 2008.

OLIVEIRA, E. A.; FAGUNDES, M. Análise comparativa dos painéis rupestres do complexo arqueológico dos Mendes: os sítios Mendes 01, Lapa do Chumbinho e Lapa da Onça. Anais da Primeira Semana de Geografia da UFVJM, p. 1-63, 2013.

PROUS, A. Conclusão. In: Arquivos do Museu de História Natural da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 1992/1993. v. XIII. t. 2. p. 373-386.

PROUS, A. Arqueologia brasileira. Brasília: Ed UnB, 1992.

PROUS, A. As categorias estilísticas nos estudos da arte pré-histórica: arqueofatos ou realidades?. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia Universidade de São Paulo, Anais da I Reunião de Teoria Arqueológica na América do Sul. São Paulo, MAE, 1999. Suplemento 3. p. 251-262.

PROUS, A. Os instrumentos lascados. Arquivos do Museu de História Natural da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 1991. v. 12. t. I. p. 229-274.

PROUS, A.; BAETA, A. Elementos de cronologia, descrição de atributos e tipologia. Arquivos do Museu de História Natural da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 1992/1993. v. XIII. t. 2. p. 241-332.

PROUS, A.; ISNARDIS, A.; PESSOA, Ângelo; ALONSO, M.; PILÓ, H.; MIGLIACIO, M. C. Matières premières “alternatives” dans Le Brésil Central: quartz, quartzite, agate, hematite. STERNCKE, F.; EIGELAND, L.; COSTA, L.-J. (Ed.). Non flint raw material use in prehistory: old prejudices and new directions. Oxford: BAR, 2009.

PROUS, A.; LIMA, M. A. A tecnologia da debitage do quartzo no centro de Minas Gerais: lascamento bipolar. Arquivos do Museu de História Natural da UFMG. Belo Horizonte: UFMG, 1986/1990. p. 91-114.

SANTOS, I. A. C. Estudo dos conjuntos líticos do sítio Itanguá 02, Campo das Flores, MG. Relatório de Iniciação Científica (Bacharelado em Humanidades) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

SOLARI, A.; ISNARDIS, A.; LINKE, V. Entre cascas e couros: os sepultamentos secundários da Lapa do Caboclo, Diamantina, Minas Gerais. *Habitus*, v. 10, n. 1, p. 115-134, 2012.

TAMEIRÃO, J. R. Além das pedras: uma abordagem tecnológica do conjunto artefactual do sítio arqueológico Mendes II, Diamantina, MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Humanidades) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013.

PROTEÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO PÚBLICO

PROTECTION, CONSERVATION AND PUBLIC USE

AUGUSTIN, C., FONSECA, B., ROCHA, L. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. *Geonomos*, v. 19, n. 2, p. 50-69, 2011.

AZEVEDO, A. A.; ARAÚJO, H. R. Processo de estruturação da gestão do uso público da Gruta do Salitre, Diamantina, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 31. 2011. Ponta Grossa, PR. Anais... Ponta Grossa: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2011. p. 201-208.

BAETA, A. M. De lapa a lapa: os grafismos rupestres e suas unidades estilísticas no carste de Lagoa Santa e Serra do Cipó – MG. Tese – Universidade de São Paulo, Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 2011. 280 p.

BIBLIOTECA NACIONAL. Riscos iluminados de figurinos de negros e brancos dos usos do Rio de Janeiro e Serro Frio. Rio de Janeiro: Biblioteca Nacional, 1960.

BRASIL. Lei Nº 9.985/2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. DOU 19 jul. 2000.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL. Megadiversidade. Cadeia do Espinhaço: avaliação do conhecimento científico e prioridades de conservação. v. 4, n. 1-2, dez. 2008.

COSTA, C. M. R.; HERRMANN, G.; MARTINS, C. S.; LINS, L. V.; LAMAS, I. R. (Org.). Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222p.

FABRI, F. P. Estudo das cavernas quartzíticas da região de Itambé do Mato Dentro. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FERREIRA, C. F., GOMES, F. T., ROSSATO, R. M., MACHADO, S. F. Espeleologia. In: ICMBio. Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó. Brasília, 2009. p. 71-127. Encarte 3.

FREITAS, C. L. Turismo, política e planejamento: estudo do circuito turístico do Diamante no Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. 2008. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estudos Econômicos e Sociais. Plano de Desenvolvimento Integrado do Turismo Sustentável do Polo Turístico do Vale do Jequitinhonha. Belo Horizonte, 2004. 13v.

GONTIJO, B. M. A ilusão do ecoturismo na Serra do Cipó/MG: o caso de Lapinha. 2003. 194 p. Tese (Doutorado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

WERKER, V. H; WERKER, J. C. Cave conservation and restoration. Huntsville: National Speleological Society, 2006. 600 p.

INSTITUTO BIOTRÓPICOS. Mosaico de unidades de conservação do Espinhaço: Alto Jequitinhonha – Serra do Cabral, processo de criação e implantação, Diamantina, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. As grutas em Minas

Gerais. Belo Horizonte: Oficinas Gráficas da Estatística, 1939. 278 p.

PROUS, A. Arqueologia brasileira. Brasília: Editora da UnB, 1992.

PROUS, A.; BAETA, A. M. Santana do Riacho: conclusão. In: Arquivos do Museu de História Natural UFMG. Belo Horizonte, 1992/1993. v. XII e XIII.

SOUZA, T. A. R. O carste em mármore na borda oeste da Serra do Cipó, MG: investigações acerca da morfodinâmica cárstica. 2011. 215f. 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 da Serra do Espinhaço: geossítios selecionados e sua importância para a geoconservação. 2012. 148f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, R. L.; VARELA, I. D. Áreas cársticas, cavernas e a Estrada Real. Pesquisas em Turismo e Paisagens Cárstica, Campinas, SeTur/SBE, v. 1, n. 2, p. 107-120, 2008.

VASCONCELOS, D. História antiga das Minas Gerais. 4. ed. Belo Horizonte: Itatiaia, 1974. v. 1 e 2.

CRÉDITOS

Credits

CRÉDITO DE MAPAS

CAVERNAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SERRA DO ESPINHAÇO p. 22

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Brasil em Relevo, publicada pela EMBRAPA/ Monitoramento por Satélite, no ano de 2005. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi obtida a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002. A delimitação da Serra do Espinhaço foi obtida a partir da publicação Megadiversidade/ Cadeia do Espinhaço: avaliação do conhecimento científico e prioridades de conservação, publicada pela Conservação Internacional, em 2008. Informações sobre sedes e limites municipais provem de base de dados do IGA-MG, publicada no ano de 2012.

MAPA DE CONTEXTUALIZAÇÃO GEOLÓGICA DA SERRA DO ESPINHAÇO p. 23

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Carta Geológica Brasil ao Milionésimo, publicada pelo CPRM, no ano de 2012. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. Como referência para elaboração temática deste mapa, foi utilizado o Mapa Geológico, publicado pela CODEMIG em 2012, disponível no site da entidade. Informações sobre sedes e limites municipais provem de base de dados do IGA-MG, publicada no ano de 2012.

CAVERNAS EM MÁRMORE

GEOLOGIA DA REGIÃO DA SERRA DO CIPÓ p. 78

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Carta Geológica Brasil ao Milionésimo, publicada pelo CPRM, no ano de 2012, e a partir de imagem de satélite obtida do aplicativo on line Google Earth™, disponíveis no ano de 2014. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi elaborada a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002. Delimitação de áreas espeleológicas obtidas na Dissertação “O carste em mármore na Borda Oeste da Serra do Cipó, MG: Investigações acerca da morfodinâmica cárstica”, publicada por Tatiana Souza em 2011.

MAPA DA GRUTA TETO DE SEIXOS p. 83

Topografia realizada em Fevereiro e Junho de 2010, pela equipe: Rafael Camargo (croquis), Tatiana Souza, Daniela Amorim, Fabiana Fabri, Sara Dias
Cartografia: Tatiana Souza
Uniformização e revisão: Luciana Alt
Entidades de apoio: IGC – UFMG, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

CAVERNAS EM QUARTZITO

GEOLOGIA DOS MUNICÍPIOS DE DIAMANTINA, MORRO DO PILAR E CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO p. 110-111

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Carta Geológica Brasil ao

MAP CREDITS

CAVES IN THE SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE

LOCATION MAP OF ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE p. 22

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Brasil em Relevo maps, published by EMBRAPA/ Satellite monitoring, in 2005. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site. The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. The limits of Espinhaço Mountain Range were obtained from the publication “Megadiversidade/Cadeia do Espinhaço: avaliação do conhecimento científico e prioridades de conservação” by Conservation International (2008). Informations about urban centers and municipal borders are from IGA-MG database (2012).

GEOLOGICAL CONTEXT OF ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE p. 23

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Geological Map of Brasil 1:1,000.000, published by CPRM in 2012. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site (2015). The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. available at this institution’s web site. Information about urban centers and municipal limits are from IGA-MG database (2012).

CAVES IN MARBLE

GEOLOGY OF SERRA DO CIPÓ AREA p. 78

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Geological Map of Brasil 1:1,000.000, published by CPRM in 2012 and satellite image from Google Earth™, available in 2014. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site (2015). The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. Limits of speleological areas is from the MSc dissertation “O carste em mármore na Borda Oeste da Serra do Cipó, MG: Investigações acerca da morfodinâmica cárstica”, published by Tatiana Souza in 2011.

MAP OF TETO DE SEIXOS CAVE p. 83

Survey (February and June 2010) by Rafael Camargo (sketch), Tatiana Souza, Daniela Amorim, Fabiana Fabri and Sara Dias.

Cartography: Tatiana Souza

Standardization and revision: Luciana Alt

Support: IGC – UFMG, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

CAVES IN QUARTZITE

GEOLOGY OF DIAMANTINA, MORRO DO PILAR AND CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO MUNICIPALITIES p. 110-111

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Geological Map of Brasil 1:1,000.000, published by

Milionésimo, publicada pelo CPRM, no ano de 2012. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi elaborada a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002. Como referência para elaboração temática deste mapa, foi utilizado o Mapa Geológico, publicado pela CODEMIG em 2012, disponível no site da entidade. Informações sobre sedes e limites municipais provem de base de dados do IGA-MG, publicada no ano de 2012.

MAPA DA GRUTA DO SALITRE p. 128-129

Topografia realizada em Novembro de 2014, pela equipe: Marcos Brito (croquis), Luciana Alt (croquis), Vitor Moura (croquis), Marina Leão, Fernando Guimarães.

Cartografia: Marcos Brito e Luciana Alt

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Realização: Carste Ciência e Meio Ambiente/ Plano de Manejo Espeleológico da Gruta do Salitre (em elaboração).

MAPA DO SISTEMA BAIXADA DAS CRIOULAS p. 138-139

Topografia realizada em Novembro de 2009, pela equipe: Allan Calux (croquis), Leda Zogbi (croquis), Rafael Camargo (croquis), Augusto Auler, Daniela Amorim, Fabiana Fabri, Marina Leão, Ramon Soares, Roberto Cassimiro, Tatiana Souza.

Cartografia: Leda Zogbi

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Entidades de apoio: IGC – UFGM, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

MAPA DA TOCA DO FUNIL I, TOCA DO FUNIL II, TOCA DO GENTIO p. 142-143

Toca do Gentio

Topografia realizada em Março de 2010, pela equipe: Rafael Camargo (croquis), Roberto Cassimiro, Fabiana Fabri.

Toca do Funil I e II

Topografia realizada em Março de 2010, pela equipe: Allan Calux (croquis), Roberto Cassimiro, Fabiana Fabri, Aline Guerra.

Cartografia: Fabiana Fabri

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Entidades de apoio: IGC – UFGM, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

PADRÃO PLANIMÉTRICO DAS PRINCIPAIS CAVERNAS DE ITAMBÉ DO MATO DENTRO p.144

Cartografia elaborada por Fabiana Fabri.

CAVERNAS EM FORMAÇÕES FERRÍFERAS

DISTRIBUIÇÃO DAS CAVERNAS FERRÍFERAS NOS MUNICÍPIOS DE CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E MORRO DO PILAR p. 158

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Brasil em Relevo, publicada pela EMBRAPA/ Monitoramento por Satélite, no ano de 2005. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi obtida a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002. Informações sobre sedes e limites municipais provem de base de dados do IGA-MG, publicada no ano de 2012.

GEOLOGIA DA REGIÃO CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO E MORRO DO PILAR p. 159

Cartografia elaborada por Rafael Cruz (Carste Ciência e Meio ambiente) sobre a base cartográfica Mapeamento Geológico - Versão SIG, publicado

CPRM in 2012. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site (2015). The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. The map was based on data from the Geological Map of Minas Gerais (CODEMIG, 2012), available at this institution's web site. Information on urban centers and municipal boundaries are from IGA-MG database, 2012.

MAP OF SALITRE CAVE p. 128-129

Survey in November 2014 by Marcos Brito (sketch), Luciana Alt (sketch), Vitor Moura (sketch), Marina Leão and Fernando Guimarães.

Cartography: Marcos Brito and Luciana Alt

Standardization and revision: Luciana Alt

Authorship: Carste Ciência e Meio Ambiente / Management Plan of Salitre Cave (in progress).

MAP OF BAIXADA DAS CRIOULAS SYSTEM p. 138-139

Survey performed in November 2009 by Allan Calux (sketch), Leda Zogbi (sketch), Rafael Camargo (sketch), Augusto Auler, Daniela Amorim, Fabiana Fabri, Marina Leão, Ramon Soares, Roberto Cassimiro, Tatiana Souza.

Cartography: Leda Zogbi

Standardization and revision: Luciana Alt

Support: IGC-UFGM, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

MAP OF FUNIL I, FUNIL II, GENTIO CAVES p. 142-143

Gentio Cave

Survey performed in March 2010 by Rafael Camargo (sketch), Roberto Cassimiro, Fabiana Fabri.

Funil I and Funil II caves

Survey performed in March 2010 by Allan Calux (sketch), Roberto Cassimiro, Fabiana Fabri, Aline Guerra.

Cartography: Fabiana Fabri

Standardization and revision: Luciana Alt

Support: IGC-UFGM, Meandros Espeleo Clube, Instituto do Carste.

PLANIMETRIC PATTERN OF THE MAIN CAVES OF ITAMBÉ DO MATO DENTRO p. 144

Cartography by Fabiana Fabri.

CAVES IN IRON FORMATIONS

DISTRIBUTION OF IRON CAVES IN THE MUNICIPALITIES OF CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO AND MORRO DO PILAR p. 158

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Brasil em Relevo maps, published by EMBRAPA/Satellite monitoring, in 2005. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site. The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. Information on urban centers and municipal boundaries are from IGA-MG database, 2012.

GEOLOGY OF CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO AND MORRO DO PILAR AREA p. 159

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Mapeamento Geológico – Versão SIG, published by CODEMIG in 2012. Cave locations are from CECAV database, available in

pela entidade CODEMIG, no ano de 2012. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi obtida a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002.

MAPA DA CAVERNA CAI-03 p. 162

Topografia realizada em 2011, pela equipe: Cleidiane Carvalho (croquis), Claudimar Borges, Marcos Pereira.

Cartografia: Gabriela Rosário e Gustavo Oliveira

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Realização: Carste Ciência e Meio Ambiente/ Projeto Minas Rio – Anglo American

MAPA DA CAVERNA CSS-69 p. 173

Topografia realizada em 2014, pela equipe: Jeferson Brandão (croquis), José Geraldo Freitas, Warlen Alves.

Cartografia: Jaqueline Silva

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Realização: Carste Ciência e Meio Ambiente/ Projeto Minas Rio – Anglo American

MAPA DO SISTEMA LAPA DO GROTAO p. 186-187

Topografia realizada em 2014, pela equipe: Ataliba Coelho (croquis), Danilo Bebiano, Sílvio Muniz.

Cartografia: Larissa Paraguassú

Uniformização e revisão: Luciana Alt

Realização: Carste Ciência e Meio Ambiente/ Projeto Morro do Pilar – Manabi S.A.

ÁGUAS E CAVERNAS

BLOCO DIAGRAMA ILUSTRATIVO DA DINÂMICA HÍDRICA NO SISTEMA LAPA DO GROTAO p. 206

Cartografia elaborada por Rogério Silva Lucas (Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente) e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) sobre imagem de satélite extraída do Google Earth™.

PROTEÇÃO, CONSERVAÇÃO E USO PÚBLICO

PRINCIPAIS CIDADES RELACIONADAS AOS CICLOS DE MINERAÇÃO NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL E ENTORNO p. 289

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Brasil em Relevo, publicada pela EMBRAPA/ Monitoramento por Satélite, no ano de 2005. A hidrografia do Estado de Minas Gerais foi obtida a partir de dados do IGAM, em base publicada em 2002. Informações sobre sedes e limites municipais provem de base de dados do IGA-MG, publicada no ano de 2012.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E PRINCIPAIS CAVERNAS COM USO PÚBLICO NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL p. 305

Cartografia elaborada por Rafael Cruz e Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) a partir da base cartográfica Brasil em Relevo, publicada pela EMBRAPA/ Monitoramento por Satélite, no ano de 2005. As imagens de satélite são provenientes do Basemap do ArcGIS™, desenvolvido pela ESRI™, em parceria de outras empresas. A localização das cavernas foi obtida na Base de Dados Georreferenciados do CECAV, disponível no site da entidade em 2015, e adicionalmente foram coletadas informações em campo pelos autores do capítulo. Os limites e localização das unidades de conservação foram obtidos a partir de informações publicadas no site do Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (<http://www.zee.mg.gov.br>), no ano de 2014.

this institution web site (2015). The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002.

MAP OF CAI-03 CAVE p. 162

Survey (2011) by Cleidiane Carvalho (sketch), Claudimar Borges, Marcos Pereira.

Cartography: Gabriela Rosário and Gustavo Oliveira

Standardization and revision: Luciana Alt

Authorship: Carste Ciência e Meio Ambiente / Projeto Minas Rio – Anglo American

MAP OF CSS-69 CAVE p. 173

Survey (2014) by Jeferson Brandão (sketch), José Geraldo Freitas, Warlen Alves.

Cartography: Jaqueline Silva

Standardization and revision: Luciana Alt

Authorship: Carste Ciência e Meio Ambiente / Projeto Minas Rio – Anglo American

MAP OF GROTAO CAVE SYSTEM p. 186-187

Survey (2014) by Ataliba Coelho (sketch), Danilo Bebiano, Silvio Muniz.

Cartography: Larissa Paraguassú

Standardization and revision: Luciana Alt

Authorship: Carste Ciência e Meio Ambiente / Projeto Morro do Pilar – Manabi S.A.

WATER AND CAVES

ILLUSTRATIVE BLOCK DIAGRAM OF WATER DYNAMICS IN THE LAPA GROTAO CAVE SYSTEM p. 206

Cartography by Rogério Silva Lucas (Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente) and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on satellite image from Google Earth™.

PROTECTION, CONSERVATION AND PUBLIC USE

MAIN CITIES RELATED TO MINING CYCLES IN SOUTHERN ESPINHAÇO RANGE AND SURROUNDING AREAS p. 289

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Brasil em Relevo maps, published by EMBRAPA/ Satellite monitoring, in 2005. The hydrography of the state of Minas Gerais was based on IGAM data, published in 2002. Information on urban centers and municipal boundaries are from IGA-MG database, 2012.

CONSERVATION UNITS AND MAIN CAVES WITH PUBLIC USE IN SOUTHERN ESPINHAÇO MOUNTAIN RANGE p. 305

Cartography by Rafael Cruz and Fernanda Pizani (Carste Ciência e Meio Ambiente) based on Brasil em Relevo maps, published by EMBRAPA/ Satellite monitoring, in 2005. Satellite images are from ArcGIS™ basemap, developed by ESRI™, with support from other companies. Cave locations are from CECAV database, available in this institution web site, and further information was collected in the field by the Chapters authors. Limits and location of protected areas were based on web site of Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais (<http://www.zee.mg.gov.br>), 2014.

CRÉDITO DE FOTOS

PHOTO CREDITS

Luciana Alt e Vitor Moura LA/VM

Capa/Cover, Guarda/Endpaper, 2, 5, 6, 8-9, 10-11, 12, 16, 18, 19, 20-21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 (a, b), 31, 33, 36, 37, 39, 42 (a, b), 43, 44, 45, 46, 47, 50-51, 51, 53, 54 (a, b), 55, 57, 58, 59 (a, b, c, d), 60 (a, b, c, d, e, f), 61, 63, 64 (a, b), 65, 66 (a, b), 67, 69, 72, 74 (a, b), 76, 77, 79 (a, b), 80 (b), 81, 91 (b), 92, 93, 94-95, 96, 99, 100 (a), 100-101, 103, 104, 108, 112, 113, 116-117, 119, 121 (a, b, c), 122-123, 123 (a), 124 (a, b), 126 (b), 127, 135, 136-137, 140, 141, 145, 146, 147 (a, b), 148 (a, b), 149 (a, b), 150 (a, b, c, d), 154, 157 (b), 161, 163, 164, 165, 167, 168, 169 (a, b), 171 (a, b), 172, 174, 177 (a, b), 178 (b), 183, 188, 189, 198, 202, 204, 208, 209 (a, b), 210, 212 (a), 213, 216, 220 (a, b), 221 (a), 222-223, 224-225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 234, 235 (a, b), 236, 237, 238, 241, 242 (a, b), 245 (c), 246, 248, 250 (a, c), 251, 252, 253 (a), 254 (a, b, c), 256, 262, 264, 265, 266-267, 273 (a, b), 274 (a, b), 279, 282, 284, 285, 286, 287, 292 (a, b), 293, 294-295, 296, 299, 300-301, 302-303, 306, 307, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320-321, 322, 323, 324, 325 (a, b), 326, 327, 328, 331, 332, 333, 334 (a, b), 335, 336, 337, 339

Ataliba Coelho AC

49, 52, 80 (a), 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91 (a), 98 (a, b), 100 (b), 102 (a, b), 114, 115, 131 (a, b), 132 (a, b), 133, 175, 176, 178 (a), 179, 180, 181, 182, 184-185, 190, 191, 192, 193, 196, 197 (a, b), 221 (b), 253 (b)

Carste Ciência e Meio Ambiente - Bioespeleologia CB

220 (a), 221 (c), 233 (a, b), 239, 240, 243 (a, b), 244, 245 (a, b), 247, 250 (b), 255 (a, b), 258 (a, b)

Jeferson Brandão JB

35, 40, 62, 126 (a), 157 (a)

Igor Cizauskas IC

257 (a, b, c, d)

Fernanda Mesquita FM

211 (a, b)

Rogério Tobias Jr. RTJ

268 (a, b)

Gisele Kimura GK

212 (b)

José Guadanucci JG

242 (c)

Renata Andrade RA

249

Vanessa Linke VL

269

Warlei Oliveira WO

207

LOCALIZAÇÃO DE FOTOS

PHOTO LOCATION

Capa: Gruta Curral de Pedras I/ Conceição do Mato Dentro – LA/VM

Cover: *Curral de Pedras I cave/ Conceição do Mato Dentro*

Guarda: Gruta da Viola/ Santana do Riacho – LA/VM

Endpaper: *Viola cave/ Santana do Riacho*

Página 2: Gruta Curral de Pedras II/ Conceição do Mato Dentro – LA/VM

Page 2: *Curral de Pedras II cave/ Conceição do Mato Dentro*

Páginas 5 e 6: Caverna na APA Morro da Pedreira/ Santana do Riacho – LA/VM

Pages 5 and 6: *Cave in the Morro da Pedreira Environmental Protection Area/ Santana do Riacho*

Páginas 8 e 9: Paisagem em Itambé do Mato Dentro – LA/VM

Pages 8 and 9: *Landscape in Itambé do Mato Dentro*

Páginas. 10 e 11: Paisagem em Santana do Riacho – LA/VM

Pages 10 and 11: *Landscape in Santana do Riacho*

Página 12: Gruta dos Milagres I/ Itambé do Mato Dentro – LA/VM

Page 12: *Milagres I cave/ Itambé do Mato Dentro*

Cavernas da Serra do Espinhaço Meridional

Caves in the Southern Espinhaço Mountain Range

Página 16: Gruta Monte Cristo/ Diamantina – LA/VM

Page 16: *Monte Cristo cave/ Diamantina*

Página 69: Entorno da Gruta Monte Cristo/ Diamantina – LA/VM

Page 69: *Surroundings of Monte Cristo cave/ Diamantina*

Cavernas em Mármore

Caves in Marble

Página 72: Caverna na APA Morro da Pedreira/ Santana do Riacho – LA/VM

Page 72: *Cave in Morro da Pedreira Environmental Protection Area / Santana do Riacho*

Cavernas em Quartzito

Caves in Quartzite

Página 108: Gruta do Salitre/ Diamantina – LA/VM

Page 108: *Salitre cave/ Diamantina*

Cavernas em Formações Ferríferas

Caves in iron formations

Página 154: Caverna CAI-03/ Conceição do Mato Dentro – LA/VM

Page 154: *CAI-03 cave/ Conceição do Mato Dentro*

Águas e Cavernas

Water and Caves

Páginas 202 e 213: Sistema Lapa do Grotão/ Morro do Pilar – LA/VM

Pages 202 and 213: *Grotão cave system/ Morro do Pilar*

A Vida Subterrânea

Subterranean Life

Página 216: Gruta Monte Cristo/ Diamantina – LA/VM

Page 216: *Monte Cristo cave/ Diamantina*

Arqueologia Pré-colonial nos Altos do Espinhaço
Pre-colonial Archaeology on the High Espinhaço Range

Página 262: Lapa do Caboclo/ Diamantina – LA/VM

Page 262: Caboclo cave/ Diamantina

Página 279: Paisagem em Santana do Riacho – LA/VM

Page 279: Landscape in Santana do Riacho

Proteção, Conservação e Uso Público
Protection, Conservation and Public Use

Página 282: Ruína em Morro do Pilar – LA/VM

Page 282: Ruins in Morro do Pilar

Página 339: Paisagem em Santana do Riacho – LA/VM

Page 339: Landscape in Santana do Riacho

CRÉDITO DE ILUSTRAÇÕES

ILLUSTRATION CREDITS

Vitor Moura VM

32, 38, 48, 57, 76, 86, 120, 170, 220-221

Andrei Isnardis e Vanessa Linke VL/ AI

275, 276, 277

Adriano Carvalho ACA

169

Ângelo Pessoa AP

271

Ataliba Coelho AC

195

Fernanda Pizani FP

75

CRÉDITO DE IDENTIFICAÇÕES TAXONÔMICAS

TAXONOMIC IDENTIFICATIONS CREDITS

As identificações taxonômicas do capítulo "A vida subterrânea" foram feitas pela equipe da Carste Ciência e Meio Ambiente ou por especialistas consultados - Antonio Brescovit (aranhas troglóbias), Douglas Zeppelini (colêmbolos), Igor Cizauskas (aracnídeos), Renata Andrade (pseudoscorpíões).

Taxonomic identifications from chapter "Subterranean Life" were made by Carste Ciência e Meio Ambiente or by external specialists: Antonio Brescovit (troglobite spiders), Douglas Zeppelini (springtails), Igor Cizauskas (arachnids), Renata Andrade (pseudoscorpions).

