



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07



ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANEJO ESPELEOLÓGICO FASE I E II DA GRUTA DOS ECOS, COCALZINHO – GO.

Documento técnico de consolidação das informações de campo, Fase II: Estudos Geológicos e Hidrogeológicos Relativos a Gruta dos Ecos, Cocalzinho – GO.

André Luiz de Moura Cadamuro

Brasília, 05 de abril de 2002



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

INTRODUÇÃO

Este relatório é a consolidação dos trabalhos de campo da fase II, que foram realizados com o intuito de adensar as informações geológicas locais, gerar um mapa geoespeleológico para a Gruta dos Ecos, bem como retificar, à luz da geologia interna e dos diagramas estruturais, produzidos a partir dos dados obtidos em campo, a proposta de evolução genética de Ecos.

Com a finalização das atividades de campo e a confecção do mapa geológico interno da Gruta dos Ecos, finalizam-se também os trabalhos de levantamento das informações relativas ao meio físico como forma de fornecer subsídios na elaboração do Plano de Manejo Espeleológico (PME) da referida caverna. Os resultados e dados obtidos nessa fase serviram também para complementar os trabalhos anteriores, descritos nos produtos da fase I e relativo à primeira etapa de campo da fase II.

O Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV / IBAMA, pretende produzir uma publicação sobre o meio físico da Gruta dos Ecos, que seria uma reestruturação de todos os produtos (Fase I e II) do projeto de PME em um único volume, trazendo a delimitação da área mínima de influência da caverna, baseada nas informações hidrogeológicas, geológicas, geomorfológicas e pedológicas, os mapas de zoneamento ambiental interno e externo, o mapa geológico interno (objetivo principal deste produto), o mapa de fragilidade e zonas internas de risco ao caminhamento, bem como toda a evolução genética e morfológica da Gruta dos Ecos. Essa publicação final, quando pronta servirá de base para fomentação da criação de uma unidade de conservação na região de Ecos, ou servirá como fonte de estudo inicial para o tombamento dessa caverna como monumento natural.

OBJETIVOS

- ✓ Elaboração do mapa geológico interno da Gruta dos Ecos;
- ✓ Complementação dos trabalhos anteriores (produtos da fase I e início da fase II); e
- ✓ Retificação da evolução genética e morfológica descrita no produto de consolidação da fase I.

METODOLOGIA

A caracterização do meio físico da região da Gruta dos Ecos para essa fase do trabalho, foi realizada através da observação da estratigrafia, relações de contato e arcabouço tectônico das unidades geológicas aflorantes dentro da caverna. Essa sistemática de observação e coleta de dados estruturais e estratigráficos foi feita através de pontos definidos nos condutos da caverna.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07

A respeito da estratigrafia foram observadas as unidades litológicas presentes, a abrangência das mesmas e relações de contato entre as unidades. Enquanto que o arcabouço tectônico foi investigado através de medições da orientação de diversas estruturas tectônicas como falhas, fraturas, juntas e foliações. Essas informações foram integradas para a compartimentação geológica da caverna, bem como sua gênese.

GEOLOGIA REGIONAL

As rochas encaixantes da Gruta dos Ecos, situada no município de Cocalzinho – GO, a 30 Km de distância da fronteira oeste do Distrito Federal com o estado de Goiás, encontram-se inseridas dentro do contexto tectônico e metamórfico da Faixa de Dobramentos Brasília, no leste da província Tocantins, que por sua vez margeia a borda oeste do Cráton São Francisco.

Conforme Almeida (1977), a província Tocantins, uma importante unidade da estruturação geológica brasileira, foi estabilizada no final do Ciclo Transamazônico (2,0 Ba). Trata-se de um orógeno de grandes dimensões, formado durante o Neoproterozóico, como resultado da convergência e colisão de três importantes blocos continentais, o Cráton Amazônico a noroeste (NW), Cráton São Francisco a leste (L) e o suposto cráton sob a Bacia do Paraná a sudoeste (SW) (Dardenne, 2000). Seus limites são marcados por importantes faixas de dobramentos relacionados ao Ciclo Brasileiro (600 Ma), dentre as quais destaca-se a Faixa Brasília com mais de 1000 km de extensão, na direção N-S.

As rochas que constituem a faixa Brasília, principalmente as seqüências sedimentares e metassedimentares, mostram um aumento progressivo da deformação a medida em que se distanciam da margem oeste do Cráton São Francisco, no sentido oeste. Esse aumento da deformação também é acompanhado pelo incremento no grau metamórfico, onde a leste encontram-se rochas sem metamorfismo até rochas no fácies anfíbolito, e às vezes no fácies granulito na porção oeste da faixa. Essa evolução metamórfica e deformacional fica bem clara quando se observa a vergência da faixa de dobramentos em direção à unidade cratônica a leste (Dardenne, 2000). Essa estruturação tectônica, descrita por Dardenne (1981) e posteriormente reformulada por Fuck *et al* (1994), levou esses autores a propor a individualização de zonas de maior ou menor grau de deformação e metamorfismo na faixa Brasília: Zona Cratônica, a leste, onde encontram-se rochas sem deformação e metamorfismo; Zona Externa, na região central da faixa; e Zona interna, a oeste, onde encontram-se rochas com alto grau de deformação e fácies metamórficas às vezes até granulito.

Todavia, na mesma latitude do Distrito Federal há um importante lineamento estrutural com direção WNW – ESE, trata-se da Mega-Inflexão dos Pirineus, ou Lineamento dos Pirineus, que permite a subdivisão



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07

da faixa Brasília em dois seguimentos, um norte e outro sul, com evoluções geotectônicas similares, porém, com características distintas (Fonseca *et al.*, 1995; Strieder, 1993; Araújo Filho, 1999).

No seguimento norte da faixa Brasília, muitas das unidades sedimentares não foram metamorfasadas durante o ciclo Brasileiro, ou apenas encontram-se abaixo do fácies xisto-verde, suas relações estratigráficas, bem como estruturas sedimentares, ainda permanecem bem preservadas, o que permite a reconstituição da paleogeografia e dos sistemas deposicionais. Isso só foi possível devido a posição estratigráfica em nível crustal superior dessas rochas em relação ao embasamento granito-guináissico, o qual serviu como um bloco de resistência à compressão durante o ciclo Brasileiro, facilitando a preservação dessas unidades sedimentares. As seqüências metassedimentares cujo grau metamórfico são maiores que o fácies anfíbolito, são encontradas somente nas áreas a oeste, onde também afloram os complexos máficos e ultramáficos de Barro Alto, Niquelândia e Canabrava.

O seguimento sul da faixa Brasília, onde encontram-se as rochas encaixantes da Gruta dos Ecos, as características tectônicas, quando comparadas com o seguimento norte, mostram-se bem distintas. A deformação e o metamorfismo associado foram muito mais intensos, obliterando as relações estratigráficas entre as unidades sedimentares. Os grupos geológicos Araxá, Canastra, Ibiá e Vazante foram envolvidos em um complexo sistema imbricado de empurrões, indicando um transporte tectônico de grande magnitude, da ordem de dezenas a centenas de quilômetros. Os contatos geológicos entre os grupos apresentam-se normalmente como falhas de baixo ângulo (empurrão), com rampas frontais, desenvolvendo rampas laterais de cisalhamento (Araújo Filho, 1999).

Em geral, a vergência da deformação no seguimento norte da faixa Brasília indica uma tendência direcional da compressão principal aproximadamente NW-SE (Fonseca e Dardenne, 1995; Araújo Filho, 1999), onde foram desenvolvidos grandes falhamentos transcorrentes destrais e empurrões que movimentaram o embasamento mas não afetaram ou afetaram apenas localmente as coberturas sedimentares. Por outro lado, no seguimento sul da faixa, a vergência da deformação indica uma tendência direcional da compressão principal aproximadamente NE-SW, onde foram desenvolvidas zonas de cisalhamento transcorrente sinistral, onde predomina um transporte para SE (Seer, 1999; Valeriano *et al.*, 1997; Araújo Filho, 1999). Segundo Araújo Filho (1999), no final do Ciclo Brasileiro, o seguimento norte da faixa Brasília foi empurrado sobre o seguimento sul.

Não obstante a subdivisão da faixa Brasília em seguimento norte e sul, indo em direção ao Cráton São Francisco, a deformação e o metamorfismo vão diminuindo progressivamente o que justifica o zoneamento da faixa em zona externa, interna e cratônica, como antes mencionado.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

GEOLOGIA LOCAL

Situadas dentro do contexto tectônico da zona interna da faixa Brasília, as rochas encaixantes da cavidade natural conhecida como Gruta dos Ecos, são em sua maioria xistos pertencentes ao Grupo Araxá. Esse grupo ocorre principalmente no segmento sul da faixa Brasília (Dardenne, 2000). Segundo Araújo Filho (2000), na região a leste da Sintaxe dos Pirineus, ou Mega Inflexão dos Pirineus, estendendo-se até a região de Ecos. Nessa região o Grupo Araxá é composto principalmente por quartzitos micáceos e micaxistos (calcixistos, muscovita-quartzo xisto, biotita-granada xistos e muscovita-clorita xistos), ocorrendo na base desses xistos, lentes de metacalcário e/ou metadolomito conforme freqüentemente descrito na literatura. Entretanto, especificamente na região de Ecos essas lentes não afloram em superfície, sabendo-se apenas de sua existência devido a ocorrência de feições como dolinas eluvionares cilíndricas que indicam a dissolução da lente em profundidade, sendo que a constatação efetiva dessas lentes de metacarbonato na base da unidade de micaxistos só é possível devido a ocorrência de uma dessas lentes dentro da Gruta dos Ecos, onde não só o contato por falha de empurrão está exposto como também aproximadamente 20 metros de afloramento de metacalcário sotoposto aos micaxistos.

Durante o Ciclo de Deformações Brasileiro, as rochas do Grupo Araxá foram imbricadas sobre as rochas dos grupos Canastra e Paranoá, estendendo-se de oeste a sul do Distrito Federal (Barbosa, 1970; Freitas-Silva e Campos, 1998). Formalmente, o Grupo Araxá é dividido em duas unidades principais, uma unidade metapsamo - pelítica na base e outra metapelito - carbonatada no topo, ambas imbricadas por empurrão, conforme o contexto regional.

As rochas do Grupo Araxá, situadas a leste da inflexão dos Pirineus, até o sudoeste do Distrito Federal, são diferenciadas das demais unidades e grupos envolvidos na deformação, por meio do grau metamórfico mais elevado, que apresenta um aumento progressivo de leste para oeste, com transição de fácies metamórficos xisto verde alto até anfibolito baixo, a oeste.

Outras características de distinção do Grupo Araxá para os demais grupos da região, principalmente no Distrito Federal, como os grupo Canastra e Paranoá, são:

- O padrão de relevo distinto das demais regiões do DF, com áreas dissecadas associadas a pequenas áreas de planos intermediários;
- A litologia composta por xistos e quartzitos, sendo os quartzitos bastante micáceos, muito diferentes daqueles que ocorrem nos grupos Canastra e Paranoá; e
- O comportamento hidrogeológico, que de forma geral é representado pelos aquíferos com menor importância hidrogeológica local, contrastante com as outras áreas constituídas por rochas dos grupos Canastra e Paranoá.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

Na região nordeste de Cocalzinho, as lentes metacarbonáticas que lá afloram e são exploradas em pedreiras pela Companhia de Cimento Votorantim, comumente são citadas na literatura como pertencentes à unidade metapelito-carbonatada do topo do Grupo Araxá, haja vista a ausência de estromatólitos característicos dos carbonatos do Grupo Paranoá na região, tomados como critério diferencial de posicionamento puramente estratigráfico. Sarti Roscoe e Araújo Filho (1994), num estudo mais detalhado dessa região, portanto, atribuíram as lentes metacarbonáticas como lentes do topo do Grupo Paranoá, por se tratarem de estruturas duplexadas, imbricadas sob os xistos do Grupo Araxá, onde indícios de recristalização de tecidos algais fósseis encontrados nessas lentes contribuem para esta hipótese, já que em lentes do Grupo Araxá não são observados tais fósseis. Segundo esses autores, a seqüência carbonática do Paranoá na área de estudo, é constituída por mármore calcíticos e subordinadamente dolomíticos, muscovíticos, lenticulares, apresentando forte acamamento tectônico, em milonitos-SC, onde as estruturas estromatolíticas maiores, foram certamente destruídas pelo cisalhamento intenso. Sendo assim, a ausência do conteúdo fóssil constitui-se num critério débil para a consideração dessas lentes como pertencentes à unidade de topo do Grupo Araxá.

Nas atividades de campo da fase I deste trabalho, cujo objetivo foi a realização do reconhecimento geral da área, foram realizadas algumas descrições de afloramentos em cortes de estradas e em algumas drenagens. Nas proximidades da caverna (estrada de acesso à boca principal) afloram quartzitos micáceos, geralmente muito finos, friáveis e de coloração branca, com foliação milonítica marcada pelas micas. A predominância, na área de influência da caverna é de muscovita - quartzo xistos, seguidos de muscovita - clorita xistos, ocorrendo também, localmente, calcixistos e xistos carbonosos. No entanto, de forma geral não é possível individualizar unidades contínuas lateralmente dessas rochas, pelo menos em superfície, tratando-se de um grade pacote de micaxistos, correlacionáveis à unidade metapelito – carbonatada do topo do Grupo Araxá. Esses xistos, provavelmente no fácies xisto verde alto, apresentam sempre mergulhos de baixo ângulo (menor que 35°).

Geologia Interna

Na cavidade natural em estudo, "afloram" em subsuperfície os metacarbonatos de uma lente, cuja ligação com a morfologia e gênese da Gruta dos Ecos, bem como com a evolução cárstica local é intrínseca. Ainda faltam estudos mais detalhados, como petrografia e até mesmo paleontologia para o correto posicionamento estratigráfico desta lente em relação aos grupos Araxá e Paranoá. De acordo com a hipótese acima descrita de Roscoe e Araújo Filho (1994), a lente metacarbonática de ecos pode ter tido sua herança fóssil macroscópica obliterada durante a deformação brasileira, o que sem um estudo petrográfico mais detalhado, não permitiria considerá-la, apenas pela ausência de estromatólitos, como pertencente à unidade de



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

topo do Grupo Araxá (unidade metapelito - carbonatada), podendo ser também uma lente pertencente à unidade de topo do Grupo Paranoá (unidade psamo – pelito – carbonatada **PPC**).

Os contatos tectônicos, devido ao imbricamento causado pela deformação, também prejudicam as correlações estratigráficas, haja vista todos os contatos entre os grupos Araxá e Paranoá serem por falhas de empurrão. Por outro lado, não se deve descartar a possibilidade de que a lente realmente faça parte do Grupo Araxá e tenha sido deformada como um clasto, na base da unidade metapelito - carbonatada, por meio de deformação intraestratal, gerando também um contato tectônico entre o micaxisto e a lente metacarbonática da Gruta dos Ecos.

Estratigrafia

A estratigrafia do Grupo Araxá pode ser melhor visualizada e estudada dentro da Gruta dos Ecos, haja vista as amplas exposições do metacarbonato, que ocorrem em vários trechos da gruta, bem como as belíssimas exposições do contato tectônico entre essa rocha e os micaxistos. O metacarbonato encontra-se atualmente, parcialmente "escondido" pelos vários abatimentos de micaxistos dentro da gruta. No entanto, é possível encontrá-lo na região central da Galeria Açu, onde expõem-se apenas 5 metros de metacarbonato, acima dos blocos abatidos, antes chegar a região do contato, que é de aproximadamente 2 metros de espessura, no Salão dos Morcegos, mais especificamente na lateral esquerda e na porção final do salão. Aparece ainda no fim da Galeria Itália também na forma de bons afloramentos, estando, no entanto, sua observação vinculada à oscilação do nível freático. Porém, é na Galeria do Lago que ocorre a melhor exposição do metacarbonato e do contato tectônico entre a lente e os micaxistos acima. Nessa área o pacote de metacarbonato é o mais espesso da gruta, apresentando cerca de 20 metros de espessura (camadas subhorizontais) onde pode-se observar perfeitamente a estratigrafia, inclusive a região do contato e os micaxistos acima. É importante salientar que os afloramentos dentro da caverna são de rocha fresca, onde os litofácies apresentam coloração natural e o intemperismo é muito baixo, limitando-se apenas aos planos de circulação da água.

O metacarbonato, de forma geral, em todos os afloramentos da gruta, apresenta-se muito recristalizado, com pequena capa, da ordem de 0,3 mm, de intemperismo devido a dissolução do mesmo, que lhe confere um aspecto friável. Possui um aspecto laminar, com níveis milimétricos a centimétricos de coloração predominantemente cinza esbranquiçado, às vezes apresentando níveis milimétricos de coloração cinza escuro a preto. Essas laminações configuram um bandamento composicional do próprio carbonato (S_0/S_n). No pacote como um todo destacam-se duas camadas centimétricas, de cor preta, provavelmente constituída de material carbonoso. Essas duas camadas são camadas guias que facilitam a correlação



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

estratigráfica entre os diferentes afloramentos de metacarbonato dentro da caverna, podendo serem usadas também como uma referência na hipsometria da caverna. Caminhando da Galeria Açu, por exemplo, onde a camada guia mais próxima do contato encontra-se ao nível do chão, até a Galeria do Lago, onde a mesma camada encontra-se no teto, percorre-se um desnível de aproximadamente 10 metros. O metacarbonato apresenta-se intensamente fraturado, possuindo algumas porções com maior densidade de fraturas, com abertura milimétrica, preenchidas com sílica, exibindo um padrão ortogonal e porções com menor densidade de fraturas, com aspecto geralmente maciço.

A região do contato tectônico entre o metacarbonato e os micaxistos compreende uma porção de aproximadamente 2 metros de espessura, onde é possível distinguir, imediatamente acima do contato um nível de calcixisto bem individualizado, seguido acima por um muscovita - quartzito xisto. Ao longo do contato ocorrem extensas concreções de gipsita e calcita em forma de capa, depositadas abaixo do calcixisto, devido a circulação de soluções através das fraturas nos xistos sobrepostos ao calcixisto (figura 1).

As duas camadas guias anteriormente mencionadas dividem o pacote de metacarbonato em três porções (figura 2): a primeira possuindo 4 metros de espessura, a segunda 6 metros e a terceira com espessura indefinida, devido à presença do lago, mas que, durante o período seco, a diminuição do nível freático, permite a visualização de cerca de 8 metros de espessura.

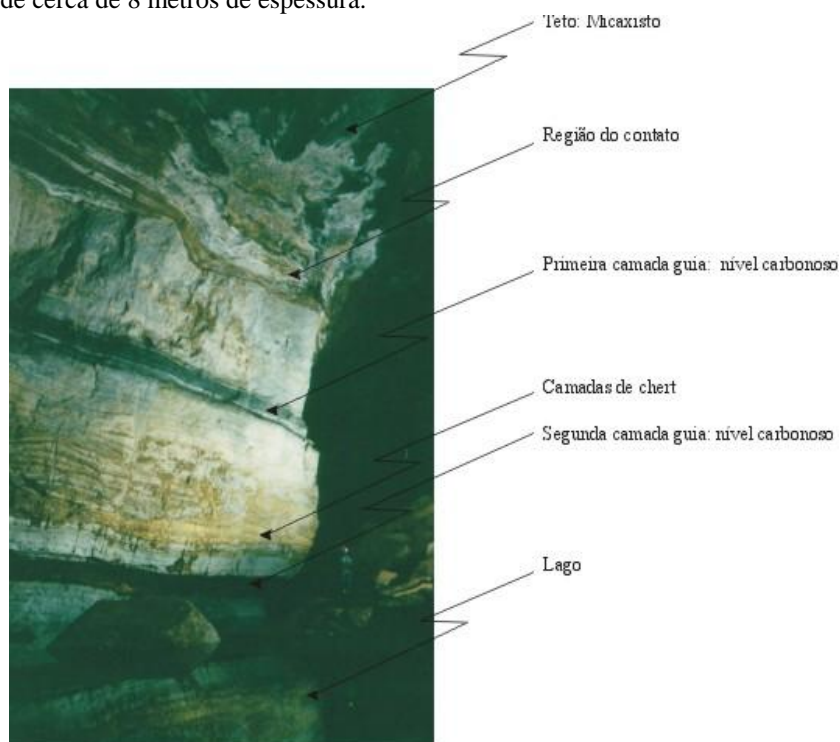


Figura 2 - Início da Galeria do Lago. Exposição da estratigrafia da Gruta dos Ecos, lago cheio (maço/2002).



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

Na segunda porção de metacarbonato, situada entre a primeira e a segunda camada guia, ocorrem várias camadas centimétricas a decimétricas de *chert*, bastante friáveis, com aspecto esponjoso, a partir das quais propagam-se um enxame de veios ortogonais de sílica, com espessura milimétrica, formando uma grande quantidade de *box work*. Essas estruturas são formadas pela remobilização química de sílica das camadas de *chert* para uma grande densidade de juntas ortogonais dando origem aos veios. Atualmente, com a dissolução do metacarbonato e maior resistência da sílica nos veios essas estruturas apresentam-se ressaltadas em relação ao metacarbonato exibindo uma feição de pequenas caixas vazias. A própria camada de *chert* também encontra-se em ressaltada em relação ao metacarbonato.

Os micaxistos apresentam intensa foliação milonítica com planos S e C quase paralelizados devido a propagação da deformação. Nesta unidade situada tectonicamente acima do metacarbonato, predominam os muscovita – quartzo xistos com uma freqüente ocorrência de granada, pirita e pirita limonitizada nesses xistos. Diferentemente da geologia da área de influência da caverna, onde os xistos encontram-se amplamente intemperizados, com coloração rosa esbranquiçada e recobertos por seixos de quartzo residual dos veios também intemperizados, no interior da caverna esses xistos estão muito bem preservados possuindo coloração cinza clara com uma grande quantidade de veios sigmoidais de deformação, que vão desde a escala milimétrica à escala métrica. Freqüentemente esses sigmoides de quartzo encontram-se ao longo dos planos S da foliação milonítica (figura 3). Também é possível a individualização de uma camada de calcixisto com continuidade lateral que acompanha o contato, que pode sugerir uma gradação composicional entre os carbonatos e os pelitos antes do Ciclo Brasiliano. Esta hipótese leva ao posicionamento estratigráfico da lente metacarbonática de Ecos no Grupo Araxá e não no topo do Paranoá, entretanto informações petrográficas e paleontológicas podem revelar o oposto.

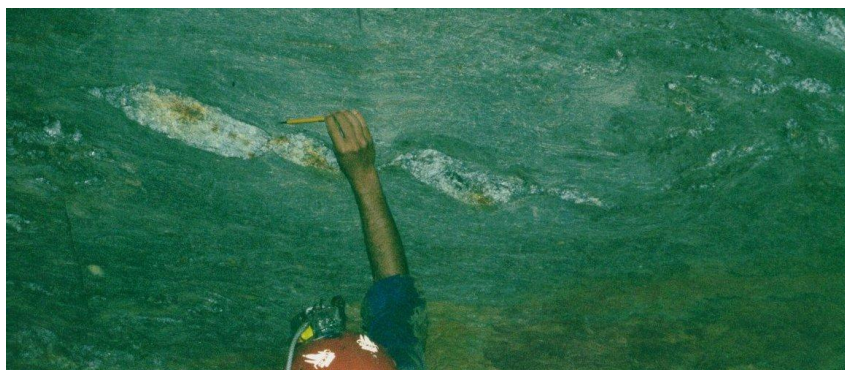


Figura 3 - Galeria Açú: Sigmóides de quartzo recristalizado.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07



Arcabouço Estrutural

As rochas que constituem a Gruta dos Ecos apresentam um arcabouço estrutural marcado por feições dúcteis e rúpteis, como consequência de diferentes fases de deformação impostas a essas rochas, durante o ciclo Brasiliano, na Faixa Brasília. De acordo com a análise estrutural realizada naquela cavidade, a própria morfologia da caverna, por si só, já é um indicativo da influência dos tensores tectônicos na gênese e evolução da mesma. As galerias e salões, sejam eles freáticos ou de blocos abatidos, na Gruta dos Ecos encontram-se hoje dispostos segundo as direções NE-SW e NW-SE, estando o conduto principal (Galeria Açú, Galeria do Lago e Salão dos Morcegos), com maior extensão linear, disposto segundo a direção N35W, enquanto que os outros três condutos, incluindo os salões de Entrada e das Nuvens, estão orientados segundo a direção N45E (figura 4)

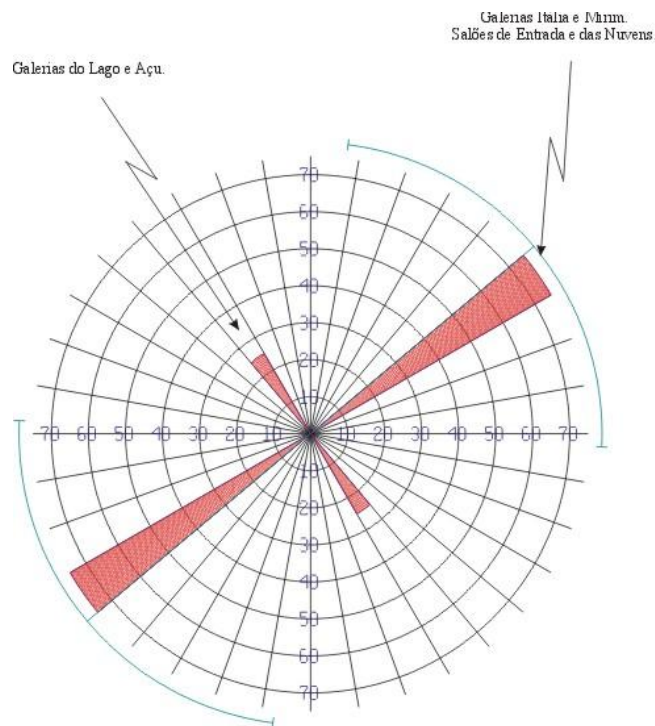


Figura 4- Diagrama de roseta exibindo a direção dos principais condutos da Gruta dos Ecos. A frequência indica maior quantidade de condutos e/ou galerias.

As análises dos dados de fraturamento subverticais (mergulho $> 80^\circ$) das rochas aflorantes dentro da Gruta dos Ecos revelam duas importantes famílias com direções preferenciais NE-SW, sendo que no metacarbonato a direção principal é N30E, enquanto que nos xistos é N37E. Essa orientação preferencial



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07



mostra claramente a influência da direção principal de compressão (NE-SW), imposta ao seguimento sul da faixa Brasília durante o ciclo Brasileiro (σ_{1S}). Entretanto, uma outra direção, representada por uma família de fraturas orientadas segundo a direção preferencial N40-60W, também pode ser facilmente visualizada nas rosetas de fraturamento (figura 5).

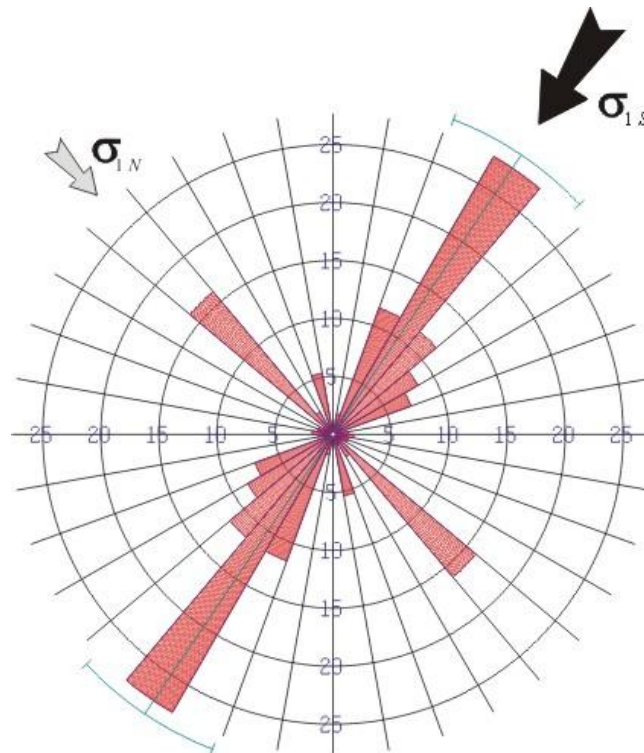


Figura 5- Diagramas de rosetas exibindo direção e frequência das fraturas subverticais (> 80°) nos metacarbonatos e xistos da Gruta dos Ecos. Intervalo de classe de 10°, população de 224 fraturas.

No metacarbonato, observa-se com clareza essa direção, enquanto que no micaxisto a observação é mais sutil, isso ocorre devido à diferença entre os coeficiente de elasticidade dessas rochas. Essa orientação NW-SE pode ser considerada como reflexo da influência da direção principal de compressão (NW-SE), do mesmo evento deformacional, imposta ao seguimento norte da faixa (σ_{1N}), conforme descrito na literatura regional da Faixa Brasília. A observação de duas direções principais para o maior tensor compressivo, uma relativa à compressão no seguimento norte e outra à compressão no seguimento sul da Faixa Brasília, é coerente com a localização região de Ecos, assim como a região do Distrito Federal, que está posicionada na região central da faixa Brasília, zona de transição entre os dois seguimentos, mostrando, deste modo, em suas rochas a influência das compressões impostas em ambos os seguimentos. Embora, a maior frequência de



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07



fraturamentos NE-SW, seja nos metacarbonatos ou nos micaxistos, confirme o posicionamento da região de Ecos no Seguimento sul da Faixa Brasília. A maioria das fraturas subverticais medidas foram interpretadas como juntas do modo I, conforme suas características morfológicas (superfície lisa e ausências de movimento relativo), posicionando-se perpendicularmente aos tensores de menor compressão do seguimento sul e norte da Faixa Brasília.

A análise dos dados coletados de fraturas com mergulho entre 30 e 79 graus (figura 6), nas rochas da Gruta dos Ecos revelou a existência de duas famílias preferenciais que, da mesma forma como observado na roseta de fraturas subverticais, representam as duas direções principais de compressão nos seguimentos sul e norte da faixa Brasília. Pode-se observar ainda no diagrama da figura 6 a presença de juntas lisas do modo I, cuja direção aproxima-se de N-S (mais precisamente NNW). Segundo Araújo Filho (1999), no final do Ciclo Brasileiro, o seguimento norte da faixa Brasília foi empurrado sobre o seguimento sul. Dessa forma essa direção N-S pode ser um reflexo desse empurrão do final do Brasileiro.

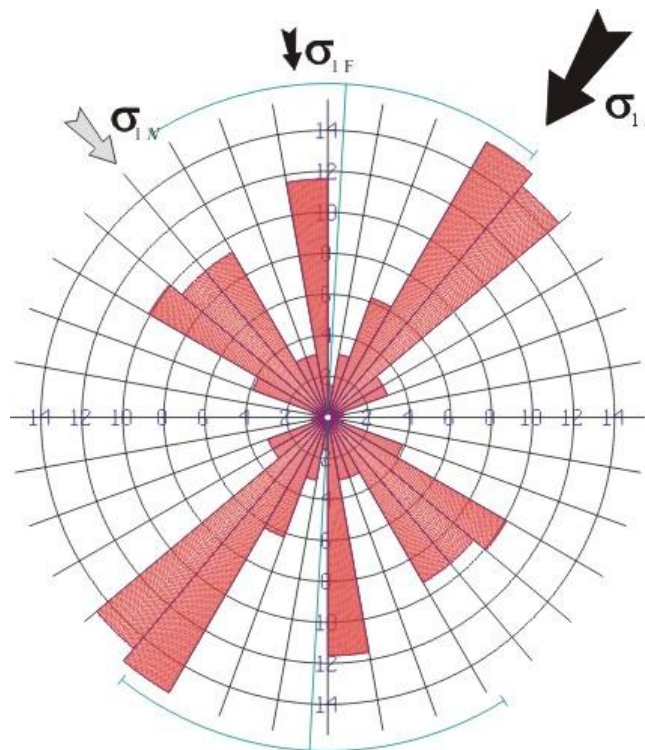


Figura 6- Diagramas de roseta exibindo direção e frequência das fraturas com mergulho maior que 30 e menor que 79, medidas nos micaxistos e metacarbonatos da Gruta dos Ecos.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07



Os planos de foliação milonítica (maior frequência SC) apresenta direção principal NW-SE, mergulhando para N56E, com mergulho menor que 15° (Figura 7). Essas direções para os planos SC confirmam as informações reveladas pelas rosetas de fraturamentos verticais, apontando para duas direção de maior tensor compressivo, um mais marcante de direção NE-SW (direção preferencial da compressão no seguimento sul) e outro, mais sutil, de direção NW-SE, que indicam respectivamente as direções preferenciais das compressões nos seguimentos sul e norte da Faixa Brasília. Planos com direção aproximadamente E-W também indicam a compressão N-E do empurrão da porção norte sobre a porção sul no final do Brasiliano.

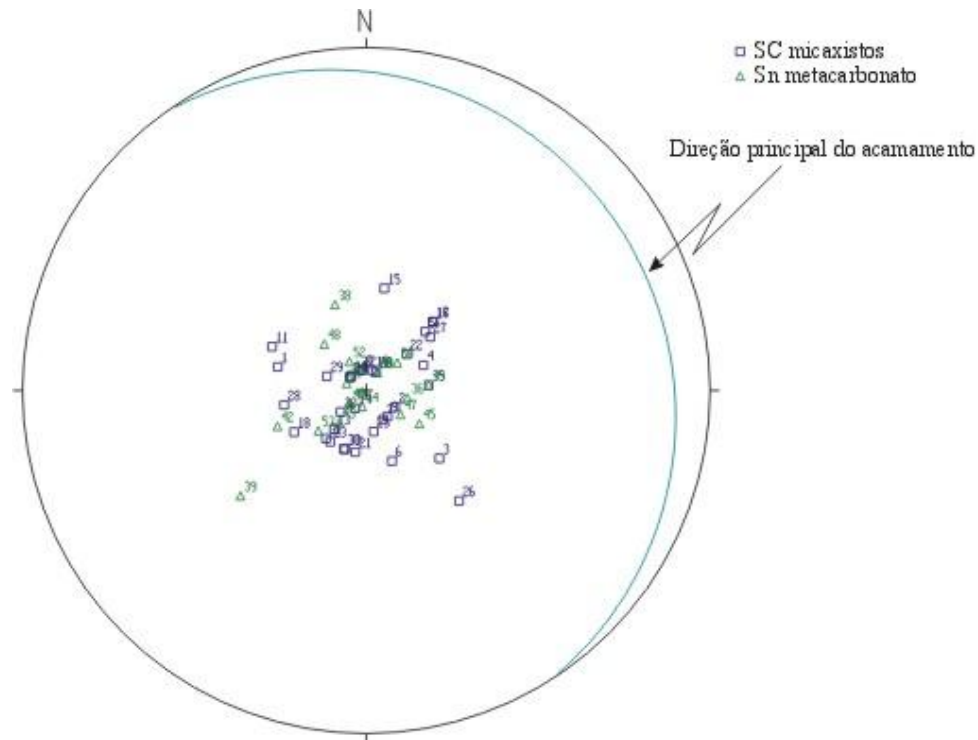


Figura 7- Diagramas de Schmidt, com projeção no hemisfério sul dos polos dos planos SC medidos nos micaxistos e acamamento Sn medidos nos metacarbonatos da Gruta dos Ecos. Direção principal das camadas na caverna (projeção do plano principal).

Segundo Freitas-Silva e Campos (1998), no final do ciclo Brasiliano, durante um processo de arrefecimento da compressão (deformação elástica), muitas das direções de fraturamentos formadas nas primeiras fases da deformação foram reaproveitadas sob a forma de fraturamentos normais e juntas. Essa fase foi considerada por esses autores como a última fase de deformação, exclusivamente rúptil, do ciclo Brasiliano na região do Distrito Federal.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07

A fase de deformação rúptil, reconhecida no Distrito Federal por Freitas e Campos, também ocorre na região da Gruta dos Ecos, onde são frequentes os fraturamentos normais e as junta do tipo modo I dentro da caverna. Essa deformação rúptil foi intensificada com a constante erosão do orógeno e conseqüente diminuição da pressão litostática, sendo a partir daí que foram formados os principais vazios, nos micaxistos e metacarbonatos, responsáveis pela circulação e acúmulo de água subterrânea.

RETIFICAÇÃO DA PROPOSTA DE EVOLUÇÃO GENÉTICA E MORFOLOGIA DA GRUTA DOS ECOS

Segundo Cadamuro (2001), a evolução genética da Gruta dos Ecos e suas feições morfológicas poderiam ser explicadas em 5 etapas, todas essas etapas teriam ocorrido num estágio avançado da erosão do orógeno Brasileiro e cada uma delas estaria também relacionada à evolução do relevo externo e o aproveitamento dos antigos fraturamentos e lineamentos formados durante todo o ciclo Brasileiro. Cada uma dessas etapas será, aqui, redefinida e se necessário renomeada.

Início da carstificação na lente metacarbonática;

Essa etapa corresponde ao período em que se iniciavam os processos de carstificação da lente metacarbonática. Nesse período o relevo da região de Ecos era bem mais elevado e acidentado, que atualmente. A lente metacarbonática, em relação ao nível freático, situava-se muito abaixo das zonas vadosa e freática alta, posicionando-se no freático profundo, onde a dissolução do metacarbonato ao longo das interseções dos planos das fraturas formadas durante a deformação brasileira, em suas várias fases, era mínima, condicionada apenas às condições de pressão e temperatura. O fluxo subterrâneo, que então atravessava a lente, provavelmente era um fluxo profundo com características regionais.

Evolução do processo erosivo no orógeno Brasileiro;

Já em avançado estágio de erosão do orógeno Brasileiro, provavelmente depois da metade do Terciário, intensificavam-se os processos de fraturamento rúptil com a diminuição da pressão litostática (fraturamentos de alívio) e aumentava consideravelmente a porosidade secundária. Em relação ao nível freático, a lente metacarbonática passa a localizar-se numa posição mais próxima da zona vadosa, na zona freática alta, onde o processo de dissolução cárstica foi intensificado devido à corrosão por mistura de soluções, que é uma característica típica dessa zona no freático cárstico. Ocorre então, o alargamento, por meio de dissolução cárstica da porosidade secundária, ampliando os reservatórios cársticos e aumentando o fluxo de água subterrânea, no entanto, os condutos ainda se situavam na zona saturada. Dessa forma, se



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07

iniciava uma grande rede de condutos e salões freáticos ao longo de todo o reticulado estrutural das fraturas e direções da famílias de juntas mais persistentes, através da lente metacarbonática.

Surgimento das nascentes do domínio fraturado e início da instabilidade no micaxisto;

Com a evolução da modelagem do relevo externamente, por meio de escarpas instaladas ao longo dos planos das fraturas normais, formadas durante fase de deformação rúptil do final do ciclo Brasileiro, surgem, principalmente a nordeste da lente carbonática, várias nascentes relacionadas ao fluxo de água subterrânea no meio fraturado, que aproximam as zonas de descarga dos aquíferos fissurais, no micaxisto e cárstico na lente metacarbonática, inserindo a lente metacarbonática e o carste de Ecos dentro de um contexto de fluxos locais de água subterrânea, o que provoca o rebaixamento abrupto do nível freático, ampliando ainda mais os salões e condutos no carste, devido ao conseqüente rebaixamento da zona freática alta. Com a existência porosidade secundária sem o preenchimento de água subterrânea, inicia-se um processo de desestabilização do teto.

Abatimentos do micaxisto; e

Com o aumento do processo de desestabilização do teto, iniciam-se os episódios de abatimento e colapso do teto, inicialmente no próprio metacarbonato e posteriormente propagando-se à superfície através do micaxisto, estratigraficamente acima da lente. Os desmoronamentos vão ocupando os espaços vazios do metacarbonato e criando outros vazios no micaxisto, até que uma condição de equilíbrio e estabilidade do teto fosse novamente alcançada, o que pode ser associado ao surgimento das duas entradas da Gruta dos Ecos. A partir de então, se inicia, através das duas entradas, os processos de sedimentação dentro da caverna e soterramento dos blocos abatidos próximos às. Teria sido nessa etapa, que foi alcançada a atual configuração morfológica da caverna, controlada inicialmente pela orientação preferencial das fraturas formadas no Brasileiro, posteriormente pelas fraturas formadas com o avanço da erosão do orógeno e diminuição da pressão litostática e finalmente, pela formação do atual estado de compartimentação geomorfológica na região de Ecos.

Estágio atual da carstificação e processos atuais de colapso.

Atualmente o nível freático se encontra localizado, em média, a 15 metros, abaixo do contato tectônico entre o pacote de micaxistos e o metacarbonato, apresentando uma oscilação sazonal de aproximadamente 10 metros entre o nível freático máximo e mínimo. O desnível da Boca Principal até a galeria do lago, é da ordem de aproximadamente 125 metros. Os salões e galeria da caverna encontram-se orientados, segundo as direções dos dois tensores de maior compressão revelados pelas análises estruturais anteriores. Essas duas direções (N30-40E e N40-50W), não só condicionaram as principais direções de



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

dissolução cárstica inicial e as direções dos maiores abatimentos, como ainda condicionam os processos atuais. No entanto, a foliação milonítica, no micaxisto, é um dos principais fatores condicionantes do descolamento de blocos e conseqüente abatimento dos mesmos. Na interseção dos planos subverticais das juntas NE-SW e NW-SE com os planos subhorizontais C da foliação milonítica, inicia-se o descolamento físico, que se propaga através do plano C, facilitado pela ocorrência de micas nesses planos, até a próxima interseção com outra junta da mesma família. Dependendo da frequência e penetratividade da família de juntas, há variação na taxa de abatimentos e no tamanho dos blocos abatidos, de modo que a frequência é inversamente proporcional ao tamanho dos blocos e diretamente proporcional á taxa de abatimento. Famílias de juntas que possuem uma maior penetratividade, porem frequência menor, estão relacionadas aos grandes blocos abatimentos com taxa de abatimento menor. Nesse caso a propagação do descolamento ocorre de forma escalonada, aproveitando também os planos S da foliação milonítica (Figura 8).

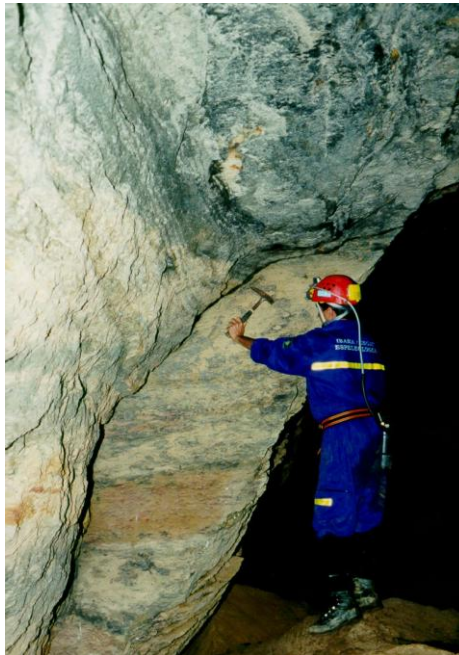


Figura 8 - Descolamento seguido de abatimento de blocos na Gruta dos Ecos.

No metacarbonato, a dissolução cárstica também está condicionada as mesmas fratura, entretanto, nessa rocha, devido ao coeficiente de elasticidade do material, a frequência dos fraturamentos é maior que nos micaxistos, entretanto os abatimentos são muito raros devido a ausência de mica na composição mineralógica da rocha, o que dificulta o descolamento físico dos blocos. Dessa forma, a dissolução cárstica é o fator predominante na degradação dessa rocha. Quando há contato com a água, a dissolução ocorre de forma



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

circular radial e ao longo da interseção dos planos subverticais das juntas com os planos subhorizontais do acamamento e bandamento composicional da rocha (figura 9). No caso de famílias de juntas não muito penetrativas, ou preenchida por sílica, a dissolução é planar exclusivamente ao longo do acamamento, o que provoca o descolamento químico entre os blocos formando fragmentos tipo placas horizontais, dispostos como tijolos em um muro.

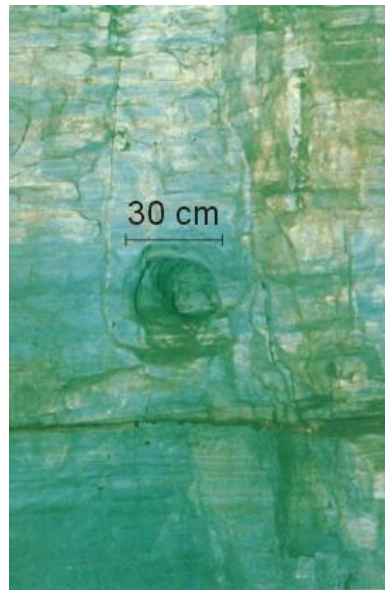


Figura 9 - Dissolução radial no metacarbonato de Ecos.

Os salões e galerias com desenvolvimento na direção NE-SW são mais largos do que cumpridos na direção perpendicular ao seu desenvolvimento, enquanto que as galerias com desenvolvimento na direção NW-SE são mais cumpridas do que largas, segundo essa direção. Isso é um reflexo da natureza dos fraturamentos associados às galerias; na direção NE-SW predominam juntas, cujas extensões são menores e a frequência maior, por outro lado na direção NW-SE ocorrem grandes falhamentos, cujas extensões são maiores e a frequência menor.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV
PRODUTO 07

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. (1977). O Cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7, 349-364.
- ARAÚJO FILHO, J. O. (1999). Structural characteristics and tectonic evolution of the Pirineus sintaxis, Central Brazil. PhD Thesis, University of Illinois, 418p. (não publicado).
- ARAÚJO FILHO, J. O. (2000). The Pirineus syntaxis: an example of the intersection of two brasiliano fold-thrust belts in central brazil and its implications for the tectonic evolution of western gondwana. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1):144-148.
- ARAÚJO FILHO, J. O. (2000). The Pirineus syntaxis: an example of the intersection of two brasiliano fold-thrust belts in central brazil and its implications for the tectonic evolution of western gondwana. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(1):144-148.
- BARBOSA, O., BRAUN, O.P.G., DYER, R.C., AND CUNHA, C.A.(1970). Geologia do Triângulo Mineiro. (Projeto Chaminés). *DNPM/DFPM, Rio de Janeiro, Bol. 136,140 p.*
- DARDENNE, M. A. (1981) Os grupos Paranoá e Bambuí na Faixa Dobrada Brasília. Na. *Simp.Cráton São Francisco e suas Faixas Marginais, Slvador, SBG, 140-157.*
- DARDENNE, M. A. (2000). The Brasília Fold Belt, 231-263 in Cordanni, U. G.; Milani, E. J.; Thomaz Filho, A. ; Campos, D. A. Tectonic Evolution of South America. 31st INTERNATIONAL CONGRESS OF GEOLOGY, Rio de Janeiro-Brazil.
- FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A. (1995). Estilos Estruturais e a Compartimentação Tectônica do Seguimentosetentrional da Faixa Brasília. *Anais 5º Simp. Nac. Est. Tect., Gramado, Sbg, 36-38.*
- FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A.; UHLEIN, A. (1995). Faixa Brasília, Setor Setentrional: estilos estruturais e arcabouço tectônico. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4), 267-278.
- FREITAS-SILVA, F.H.; CAMPOS, J.E.G. (1998). Geologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal (Volume I). UnB/MMA/SEMATEC – IEMA. Brasília p. 1-78.
- FUCK, R. A.; PIMENTEL M. M.; SILVA, J. H. D. (1994). Compartimentação tectônica na porção oriental da Província do Tocantins. *Anais 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, CAMBORIÚ, SBG, 1, 215-216.*
- ROSCOE, J. S.; ARAÚJO FILHO, J. O. (1994). Estudo estrutural preliminar do front do empurrão do araxá sobre o Paranoá na porção oriental da Megainflexão dos Pirineus, Goiás Central. *IV Simpósio de geologia do Centro-Oeste*. P. 177-181.
- SEER, H. J. (1999). Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma Araxá, Minas gerais. Doctorate Thesis, IG/UNB, Brasília, 181p. (não publicado).



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS IBAMA
DIRETORIA DE ECOSSISTEMAS – DIREC
CENTRO NACIONAL DE ESTUDO, PROTEÇÃO E MANEJO DE CAVERNAS – CECAV



PRODUTO 07

- STRIEDER, A. J. (1993). Tectônica colisional no Brasil Central: evolução e implicações no padrão estrutural. *Anais 4º Simpósio Nacional de estudos Tectônicos*, Belo Horizonte, SBG, 297-301.
- VALERIANO, C M.; ALMEIDA, J. C. H.; SIMÕES, L. S. A.; DUARTE, P. B.; ROIG, H. L.; HILBRON, M. (1997). Evolução estrutural do domínio externo da Faixa Brasília no sudoeste de Minas Gerais: registros de uma tectônica pré-brasileira. *Revista Brasileira de Geociências* (**em impressão**).

André Luiz de Moura Cadamuro
Consultor Técnico
Geólogo CREA – 10366/D - DF