

ASPECTOS PETROGRÁFICOS E MINERALÓGICOS DA CAVERNA S11D-0047, UNIDADE ESPELEOLÓGICA CARAJÁS – SUDESTE DO PARÁ

PETROGRAPHIC AND MINERALOGICAL ASPECTS OF S11D-0047 CAVE, SPELEOLOGICAL CARAJÁS UNIT - SOUTHEAST PARÁ

Ana Karita da Cunha Sousa (1), Daniele Freitas Gonçalves (2) & Joel Buenano Macambira (3)

(1) Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), Marabá PA.

(2) VALE S.A., Parauapebas PA.

(3) Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém PA.

Contatos: anakarita16@hotmail.com; daniele.freitas.goncalves@vale.com; joel@ufpa.br.

Resumo

O presente estudo consistiu na caracterização mineralógica e petrográfica da cavidade S11D-0047 do platô S11D, Província Mineral de Carajás, sudeste do Estado do Pará. Esta caverna desenvolveu-se em saprólito de rochas vulcânicas da Formação Parauapebas, a qual contém crostas branca, amarelada e avermelhada. As crostas brancas constituem-se mineralogicamente por montmorillonita ($Al(OH)_2Al_2SiO_{10}(OH)_2$), rancieíta((Ca, Mn) $Mn_4O \cdot 3H_2O$) e caulinita ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$); as amareladas por gibbsita ($Al(OH)_3$), hematita (Fe_2O_3), ferrowillieita ($AlFe_2Na(PO_4)_3$) e nissonita ($Cu_2Mg_2(PO_4)_2(OH)_2(H_2O)$); as crostas avermelhadas ocorrem como revestimentos nas paredes e teto caverna e são constituídas por gibbsita ($Al(OH)_3$), hematita (Fe_2O_3) e goethita ($FeO(OH)$). A caverna S11D-0047 foi gerada a partir de processos de lixiviação sobre basaltos da Formação Parauapebas e o seu posicionamento ao longo de lineamento regional favoreceu percolação de água meteórica provocando o alargamento da caverna, evidenciando que o intemperismo e o condicionante estrutural foram os principais responsáveis pela origem e evolução desta caverna.

Palavras-Chave: Grupo Grão Pará; platô S11D; saprólito; Formação Parauapebas; gibbsita.

Abstract

The present study consisted in the mineralogical and petrographic characterization of the S11D-0047 cavity of the S11D plateau, Mineral Province of Carajás, southeast of Pará State. This cave has been developed under volcanic rock saprolite of Parauapebas Formation, which contains white, yellowish and reddish crusts. White crusts are mineralogically constituted by montmorillonite ($Al(OH)_2Al_2SiO_{10}(OH)_2$), ranocytite ($(Ca, Mn) Mn_4O \cdot 3H_2O$) and kaolinite ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$); $Al(OH)_3$, hematite (Fe_2O_3), ferrowillieite ($AlFe_2Na(PO_4)_3$) and nissonite ($Cu_2Mg_2(PO_4)_2(OH)_2(H_2O)$); Reddish crusts occur as recovering walls and top of the cave and are constituted by gibbsite ($Al(OH)_3$), hematite (Fe_2O_3) and goethite ($FeO(OH)$). The cave S11D-0047 has been generated from leaching processes on the basalts of the Parauapebas Formation and its positioning along regional lineage favored percolation of meteoric water provoking the enlargement of the cave, evidencing that the weathering and the structural conditioning were the main responsible ones by the origin and evolution of this cave.

Key-Words: Grão Pará Group; S11D plateau; saprolite; Parauapebas Formation; gibbsite.

1. INTRODUÇÃO

Estudos em cavernas desenvolvidas em Formações Ferríferas Bandadas (FFB) e rochas associadas na Unidade Espeleológica de Carajás, sudeste do estado do Pará, tem se intensificado nos últimos anos (MAURITY, 1995; MAURITY; KOTSCHOUBEY, 1995; PILÓ; AULER, 2009; DUTRA, 2013; ABREU, 2014; ABREU et al., 2016; BRAGA, 2014; CABRAL, 2014; CONCEIÇÃO, 2014; GOMES, 2014; ROSA, 2014; ALBUQUERQUE, 2015; ALBUQUERQUE et al.,

2015; OLIVEIRA, 2015; PINHEIRO, 2015; PINHEIRO et al., 2015; QUEIROZ, 2015; RIOS, 2015; SOUSA, 2015; SOUSA, 2015; VIEIRA, 2015; BERNADES, 2016; PAIXÃO, 2016; CONDE, 2017). A maioria destes trabalhos enfocaram as cavernas de Serra Norte em Carajás, demonstrando que sua origem e evolução estão relacionadas a dissolução dos minerais dos bandamentos composicionais da FFB, gerando microcavidades a mesocavidades, que por processos continuados de dissolução com interconecção e/ou

desabamento, ampliaram volumetricamente os espaços internos das cavidades culminando em cavernas.

A caverna S11D-0047, localizada em Serra Sul, foco deste trabalho, desenvolveu-se no saprólito de rochas da Formação Parauapebas do Grupo Grão Pará. Ainda há uma grande lacuna no conhecimento dos aspectos petrográficos e mineralógicos deste tipo de caverna. Desta forma, justifica-se a importância e pioneirismo deste trabalho, o qual foi realizado com o objetivo fundamental de se caracterizar petrografica e mineralogicamente o saprólito onde esta caverna desenvolveu-se no intuito de avaliação de sua gênese.

2. CONTEXTOS GEOLÓGICOS REGIONAL E LOCAL

A área onde encontra-se a caverna S11D-0047 está situada na porção sul da Província Mineral de Carajás, Bacia Carajás, Cráton Amazônico. O embasamento da Bacia Carajás é formado pelo

complexo Xingu datado de 2.859 ± 2 (ARAÚJO; MAIA, 1991; MACHADO et al., 1991), sendo constituído de corpos gnáissicos migmatíticos (tonalitos, trondhjemitos e/ou granodioritos), granulitos e granitóides (FEIO, 2011, 2012 et al., 2013). Além desses, fazem parte deste embasamento o Complexo Granítico Estrela, Granito Planalto, Granito Rancho Alegre e Suíte Plaquê de idade arqueana (2,74-2,76 Ga; BARROS et al., 2001).

O preenchimento da Bacia Carajás é formado por rochas metavulcano-sedimentares e compreende os grupos Grão Pará, Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Buritirama e Igarapé Bahia (DOCEGEO, 1988). Na base do platô S11D ocorrem basaltos e dacitos da Formação Parauapebas do Grupo Grão Pará (Figura 1), de idade 2.759 ± 2 Ma, (MACHADO et al., 1991). Sobrepostos a estes, ocorrem os depósitos de FFB de fácies óxido do tipo jaspilito pertencentes a Formação Carajás, de idade 2.740 ± 8 Ma (TRENDALL et al., 1998; MACAMBIRA, 2003). Recobrimo estes últimos ocorrem os depósitos de basaltos alterados, quartzo-wackes e quartzo-arenitos da Formação Igarapé Cigarra (MACAMBIRA et al., 1990).

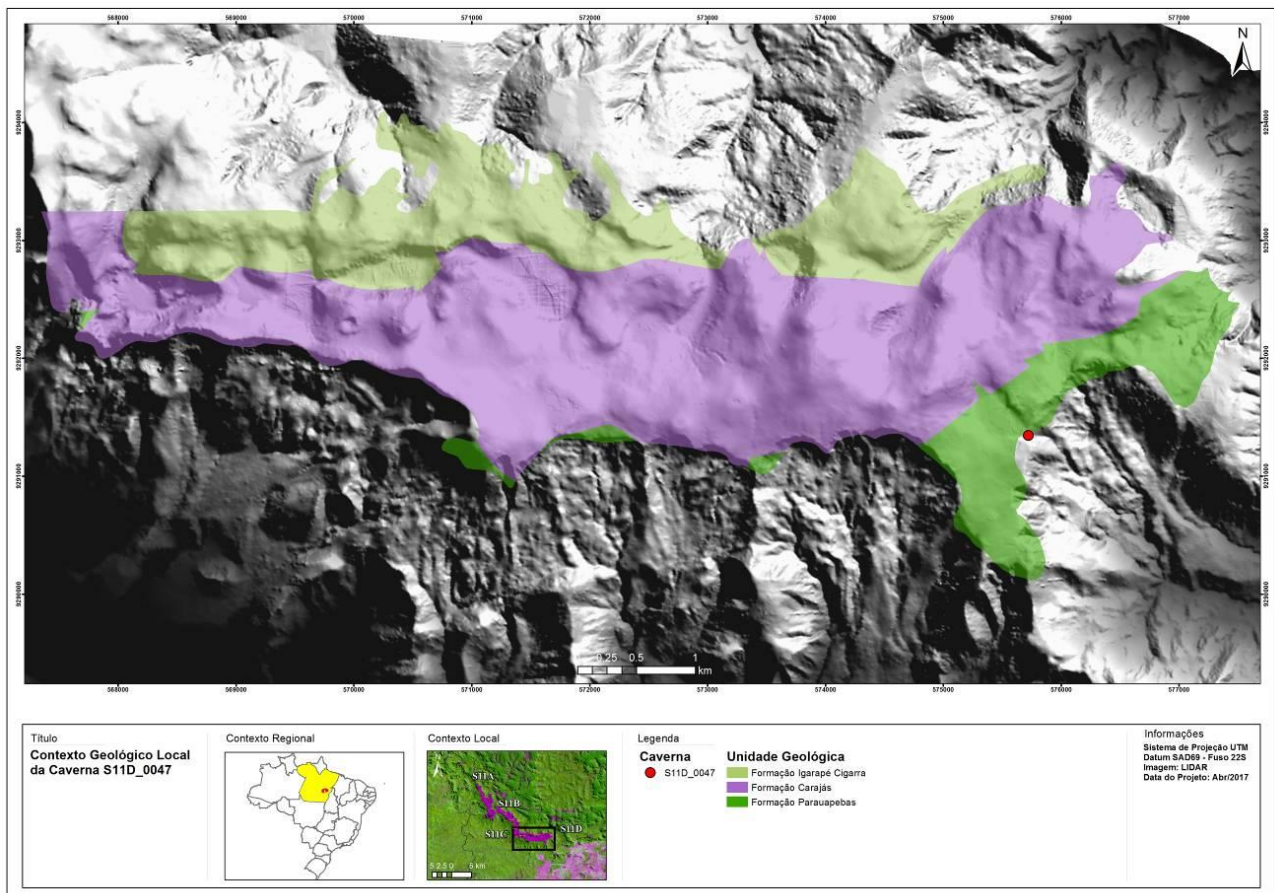


Figura 1 – Mapa geológico local do Platô S11D. (VALE, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na porção sul de Carajás, no corpo D do platô S11 em Serra Sul, município de Canaã dos Carajás, sudeste do estado do Pará. O acesso à área, a partir de Marabá, dá-se pela BR-155 até a cidade de Eldorado dos Carajás, e, a partir desta, segue-se pela PA- 275 até Parauapebas. Em seguida, por meio da rodovia Raimundo Mascarenhas, percorre-se cerca de 35 km até o Complexo minerário de Carajás, segue-se então pela mesma estrada até a entrada da mina do Manganês, a partir daí toma-se uma estrada não pavimentada que levará até o platô S11D num percurso de 70 km (Figura 2).

A caverna S11D-0047 encontra-se inserida na borda SE do platô S11, corpo D, precisamente em área de ocorrência da Formação Parauapebas (figura 2). Sua entrada apresenta altitude de 725,0 m, projeção horizontal de 72,0 m e área total de 359,0 m². O padrão morfológico desta caverna é esponjiforme (PILÓ; AULER, 2009), a qual caracteriza-se por apresentar condutos de tamanhos variados, em alguns casos, com formato globular,

que se interconectam, normalmente, por passagens mais estreitas, como poros de uma esponja (Figura 3).

Os métodos utilizados neste trabalho envolveram as seguintes etapas:

Ω Levantamento bibliográfico

Consistiu no levantamento de dados bibliográficos referentes à geologia regional e local da área estudada, principalmente sobre cavernas desenvolvidas em formações ferríferas e lateríticas das rochas do Grupo Grão Pará.

Ω Etapa de Campo

Foi realizada uma visita em campo com o intuito de coletar dados e amostras. Foram coletadas 7 amostras referentes a porções do teto, parede e piso da caverna S11D-0047.

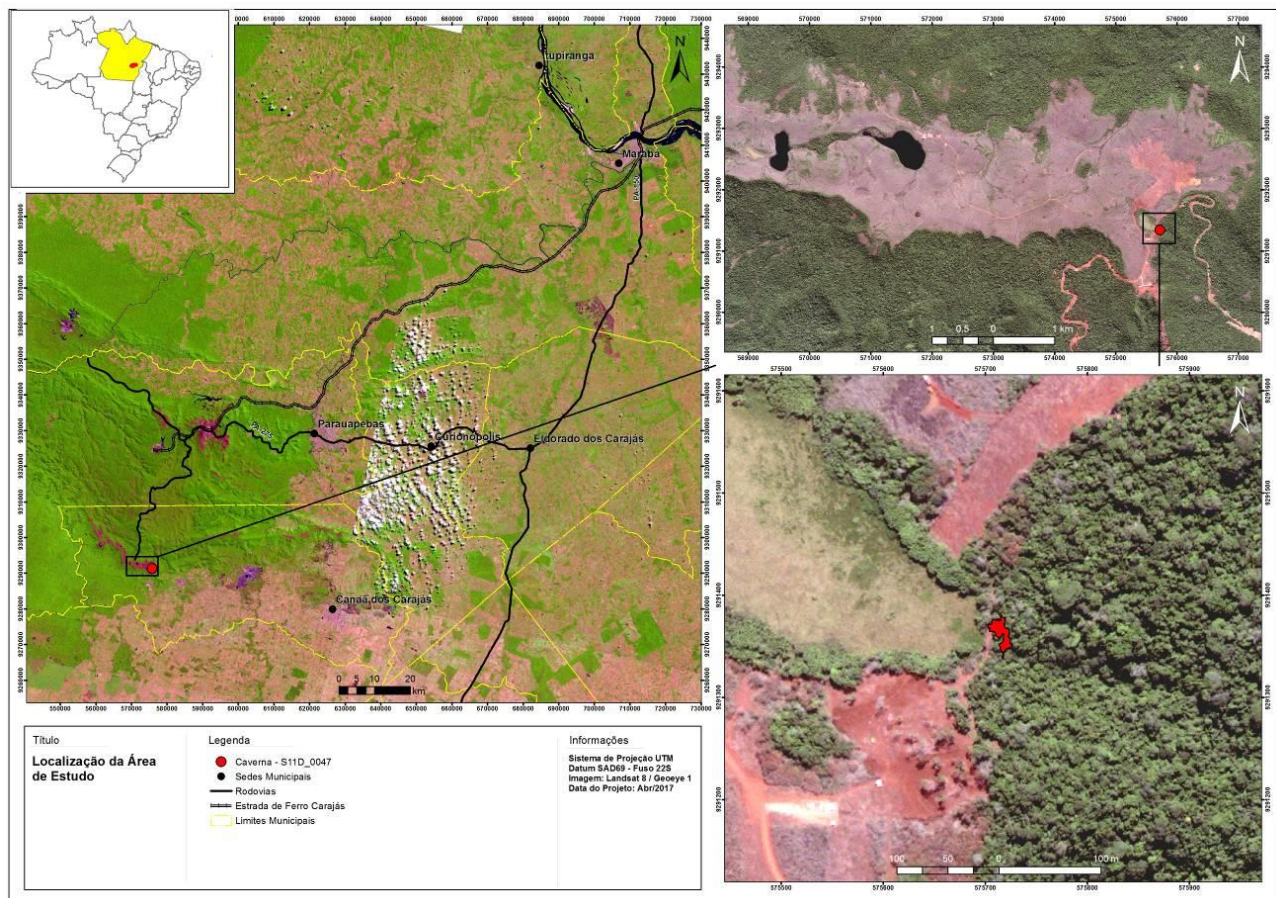


Figura 2 – Mapa de localização e acesso da Serra Sul.

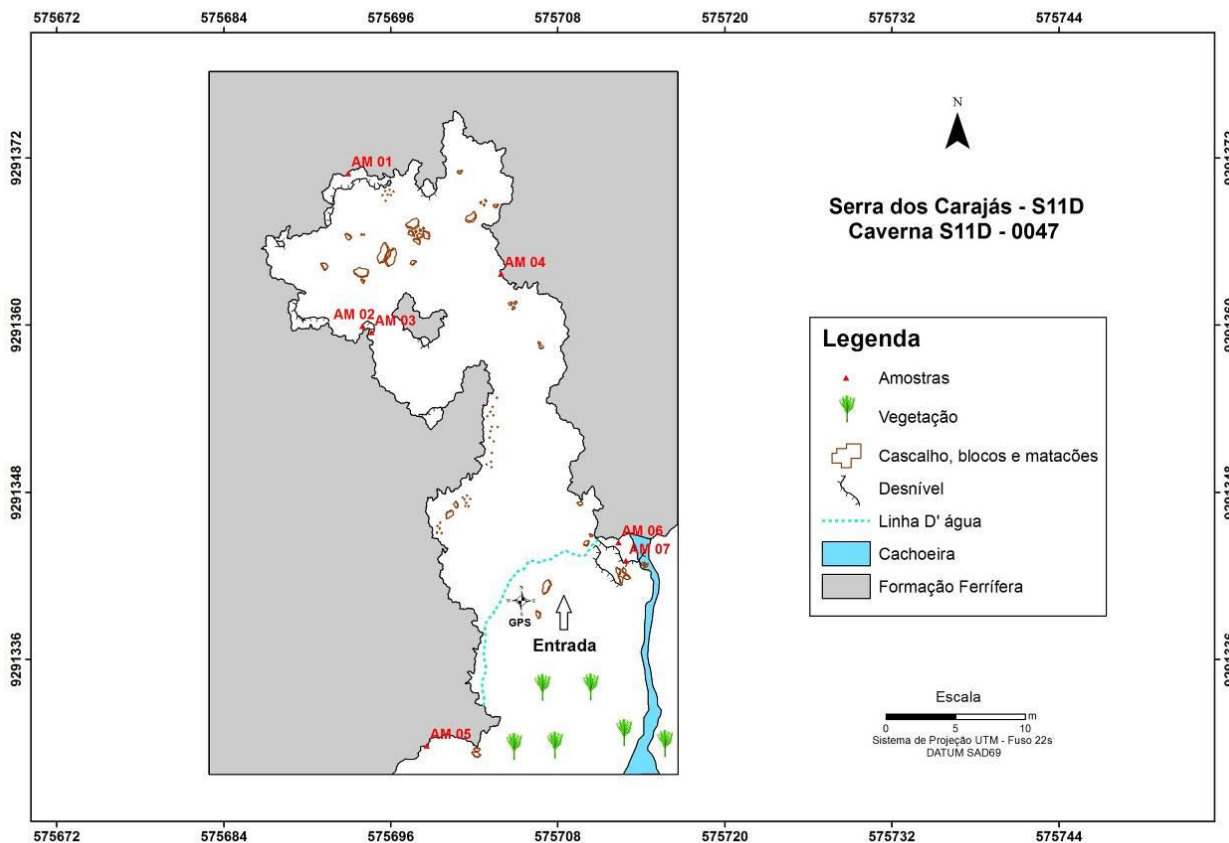


Figura 3 - Planta baixa da caverna S11D-0047 com morfologia espongiforme e localização dos pontos de coleta das amostras.

Ω Microscopia ótica

Nesta etapa, foram realizadas análises macroscópicas das amostras, com a utilização da lupa binocular, onde foram identificados alguns minerais, a quantidade relativa dos vazios, coloração e aspectos texturais da rocha. Em seguida, foram confeccionadas cinco lâminas delgadas no laboratório de Laminação da UFPA. Posteriormente, com a utilização do microscópio óptico em luz transmitida e refletida, do laboratório de mineralogia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, realizou-se a análise microscópica das lâminas, onde foram reconhecidos os minerais e as microestruturas presentes.

Ω Difração de Raios-X (DRX)

A utilização deste método permitiu a determinação da composição mineralógica das amostras coletadas. A coloração e os aspectos texturais foram os principais critérios para a separação do material a ser analisado. Essas análises foram realizadas no laboratório de DRX da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Para a realização das análises por DRX foram separadas frações do saprólito que mostravam coloração e os aspectos texturais diferenciados, com isso, foram obtidas as porções de coloração avermelhada, coloração branca e porções de coloração amarelada com textura gelatinosa. Tais porções foram submetidas às análise de DRX.

4. RESULTADOS

A caverna S11D-0047 desenvolveu-se em saprólito de rocha vulcânica de coloração vermelho-amarelada (Figura 4A), mostrando textura porosa/cavernosa (Figura 4B), localmente friável e aspecto terroso. O teto e parede da cavidade exibem microcavidades circulares a subcirculares de 2 a 3,5 cm, por vezes preenchidas por material esbraquiçado (Figura 4C). Na parede próxima a entrada da caverna foi observadas fraturas verticais e subverticais (Figura 4D).

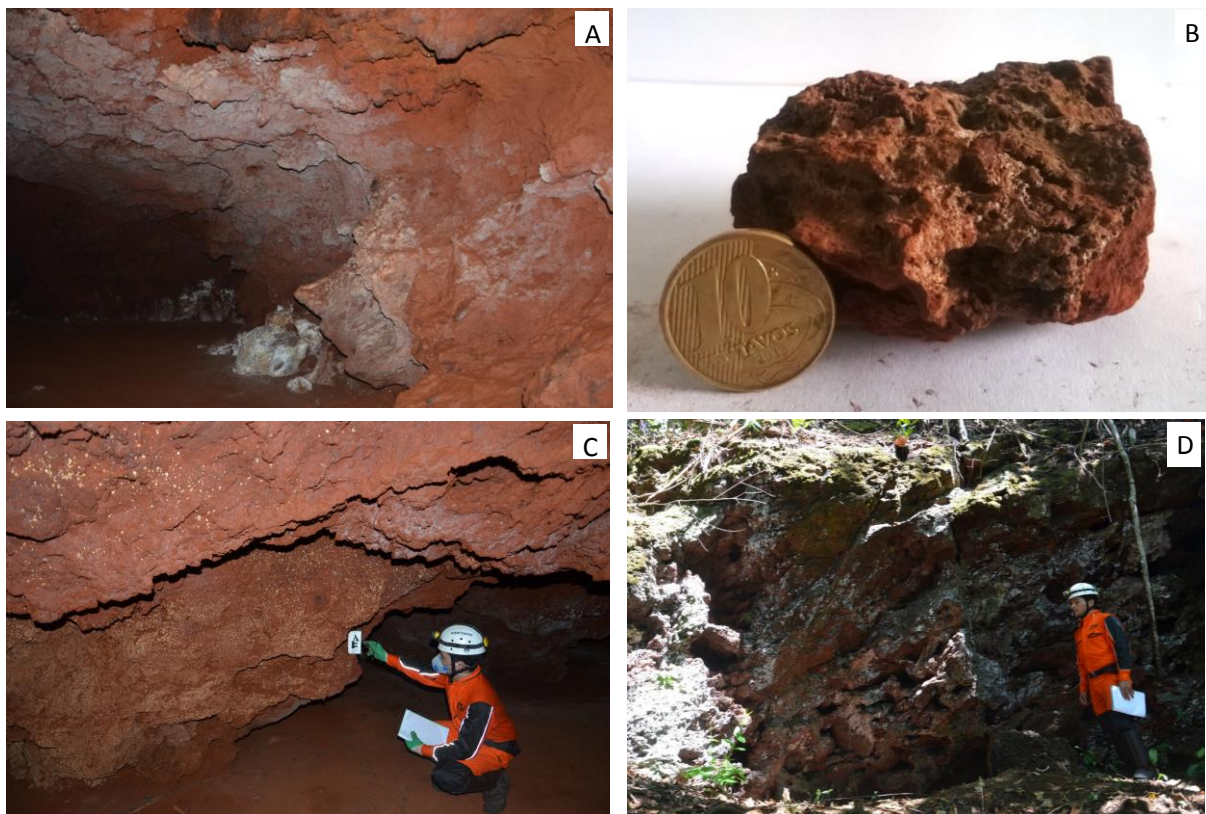


Figura 4 – Aspectos gerais da caverna S11D-0047. (A) Visão interna da caverna S11D-0047 mostrando saprólito de rocha vulcânica em que a caverna desenvolveu-se. (B) Textura porosa/cavernosa do saprólito. (C) Microcavidades circulares a subcirculares preenchidas por material esbranquiçado no teto da cavidade. (D) Fraturas verticais a subverticais na parede na entrada da cavidade.

Ao microscópio, o saprólito em que a caverna desenvolveu-se é composto essencialmente por plasma criptocristalino goethítico envolvendo fragmentos de hematita granular. Poros com contornos irregulares, por vezes arredondados, interconectados e alongados, com dimensões que variam de 0,1mm a 1mm ocorrem dispersos de forma aleatória no plasma criptocristalino. A hematita apresenta-se imersa e dispersa ao longo do plasma goethítico. Exibe textura granular de, aproximadamente, 0,001 mm a 2 mm de raio, contornos irregulares, coloração branca aczentada e birreflectância ausente (Figura 5A). A goethita também ocorre de forma secundária em agregados fibrorradiais contornando os poros (Figura 5C). Gibbsita e hematita ocorrem sob a forma de revestimentos intercrescidos preenchendo parcial ou totalmente poros e microfissuras, com hábitos fibrorradiais com maclamento polissintético e textura criptocristalina, respectivamente (Figuras 5B e 5D).

Localmente foram identificadas crostas brancas (Figuras 6A e 6B), crosta amarelada (Figura 6C) e crosta avermelhada (Figura 6D). O piso exibe, por vezes, porções mais escuras devido à umidade.

As crostas brancas ocorrem na parede da caverna, e, constituem-se mineralogicamente por

montmorillonita ($\text{Al}(\text{OH})_2\text{Al}_2\text{SiO}_{10}(\text{OH})_2$), rancieíta ($(\text{Ca}, \text{Mn})\text{Mn}_4\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), sendo a montmorillonita o mineral mais abundante e com mais alto grau de cristalinidade, devido a altura e formato de seu pico, bastante intenso e simétrico enquanto que a rancieíta e a caulinita mostraram um grau de cristalinidade menor. (Figura 7).

A crosta amarelada ocorre igualmente na parede da caverna e apresenta aspecto gelatinoso e compõe-se por gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), hematita (Fe_2O_3), ferrowillieíta ($\text{AlFe}_2\text{Na}(\text{PO}_4)_3$) e nissonita ($\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$). Os minerais de gibbsita e/ou hematita apresentam grau de cristalinidade relativamente mais elevado enquanto que os dois últimos minerais apresentam grau de cristalinidade menores (Figura 8).

A crosta avermelhada apresenta, também, aspecto gelatinoso e constitui-se mineralogicamente de gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), hematita (Fe_2O_3) e goethita ($\text{FeO}(\text{OH})$). A gibbsita ocorre em maiores quantidades e mostrando elevado grau de cristalinidade, enquanto que a hematita e goethita mostram-se em quantidades e grau de cristalinidade inferiores (Figura 9).

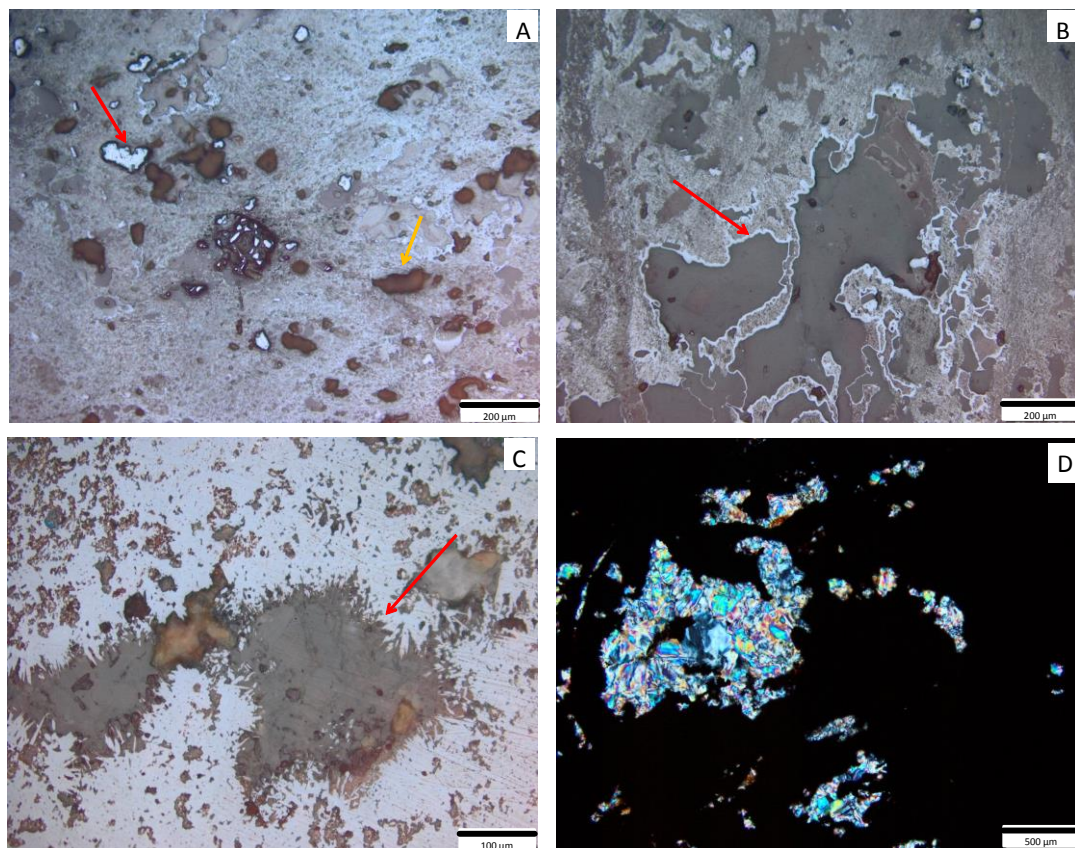


Figura 5 – Texturas gerais da rocha estudada. (A) Poros irregulares, arredondados e, por vezes interconectados (seta laranja). (10X) luz refletida. Hematita granular imersa em um plasma criptocristalino de goethita (seta vermelha). (B) Hematita como finos revestimentos bordejando espaços vazios (seta vermelha). (20X). Luz refletida. Nicóis //. (C) Goethita com hábito fibrorradial intercrescida nas paredes dos poros. (20X). Luz refletida. Nicóis //. (D) Gibbsita preenchendo parcialmente poros e microfissuras. (4X).Luz transmitida. Nicóis cruzados.

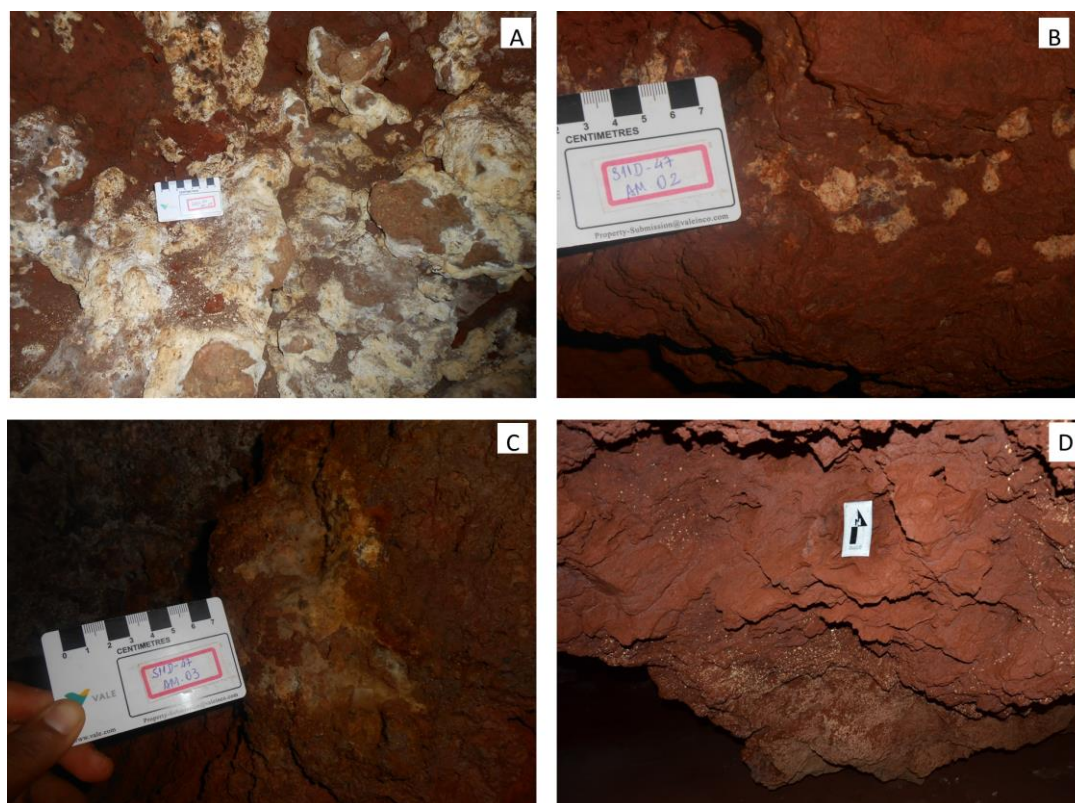


Figura 6 – Crostas encontradas na caverna S11D-0047. (A) Crosta esbranquiçada que ocorre na parede da caverna. (B) Crosta esbranquiçada associada a crosta avermelhada na parede da caverna. (C) Crosta amarelada de aspecto gelatinoso na parede da caverna. (D) Crosta avermelhada que ocorre no teto da caverna.

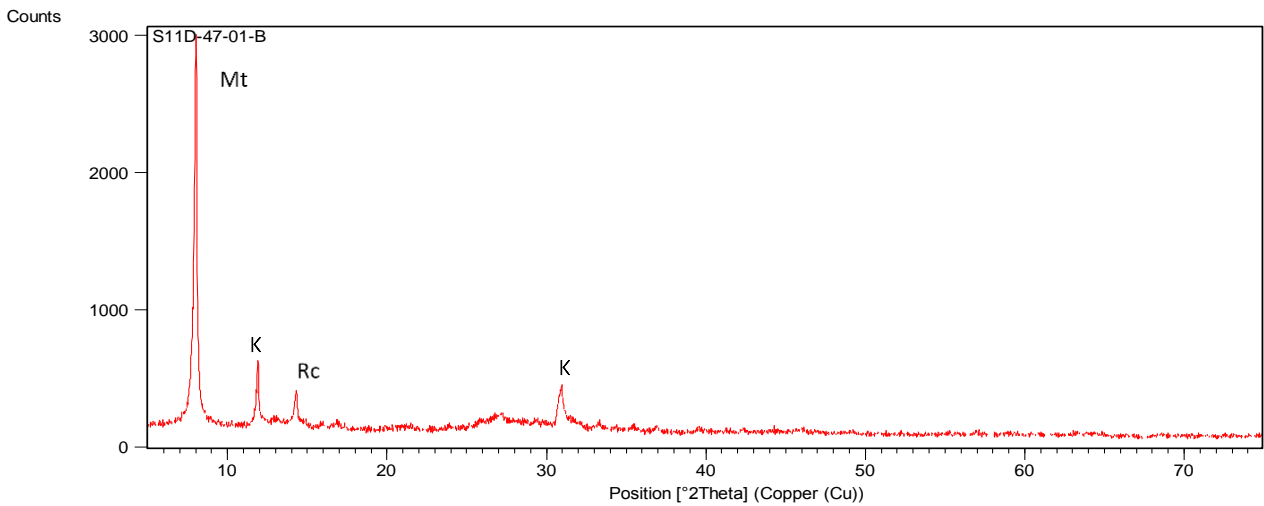


Figura 7 – Assembleia mineralógica identificada na crosta branca da caverna S11D-0047. (Mt = Montmorillonita, K = Caulinita, Rc= rancieíta).

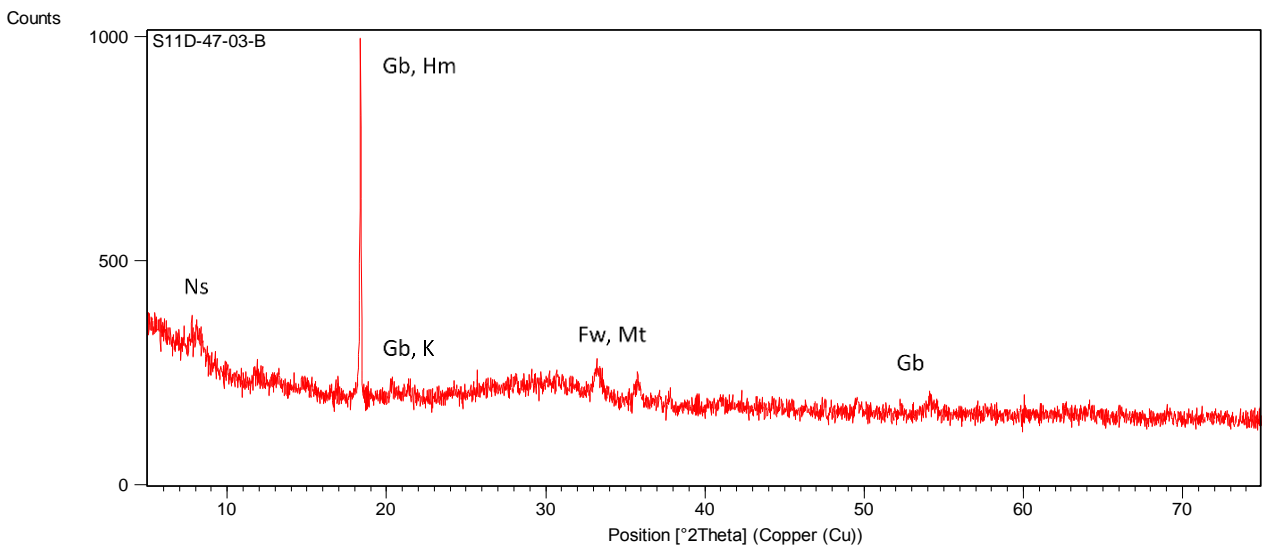


Figura 8 – Assembleia mineralógica identificada na crosta amarelada da caverna S11D-0047. (Gb = Gibbsita, Hm = Hematita, Fw= ferrowillieita, Ns= nissonita).

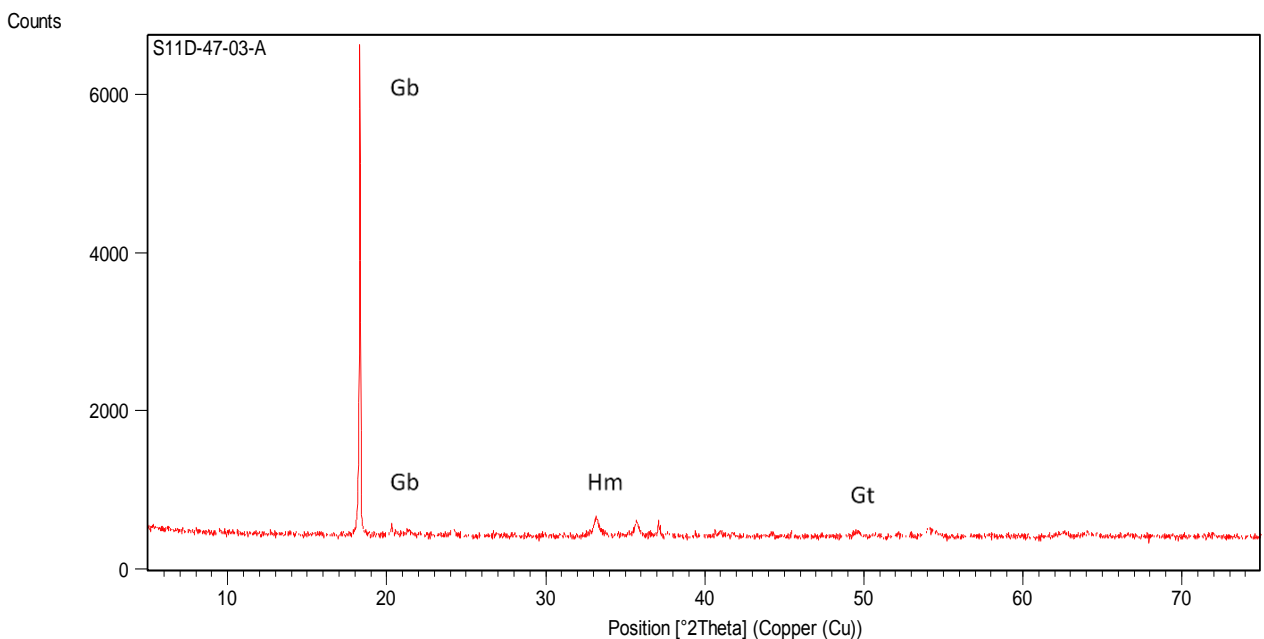


Figura 9 – Assembleia mineralógica identificada na crosta avermelhada da caverna S11D-0047. (Gb = gibbsita, Hm = hematita, Gt = goethita).

5. DISCUSSÃO

A análise petrográfica e mineralógica da caverna S11D-0047, localizada na Unidade Espeleológica Carajás – sudeste do estado do Pará definiu esta caverna como sendo formada por substrato maciço criptocristalino contendo crostas esbranquiçada, amarelada, e avermelhada. A ausência e/ou não mapeamento de rocha-matriz inalterada impossibilita uma discussão mais contundente acerca da origem e evolução desta caverna ao longo do substrato rochoso original. Porém, a assembleia de minerais identificados permite elaborar algumas considerações. A ocorrência de hematita e goethita em grande parte das amostras estudadas sugerem uma relação genética com os depósitos da FFB da Formação Carajás. Depósitos de FFB são comumente descritos e reconhecidos na literatura mundial por serem caracterizados por bandamentos composicionais de óxido/hidróxido de ferro constituídos de minerais de hematita, goethita e magnetita, e silicosos representados por quartzo criptocristalino e jaspe (TRENDALL et al., 1998; MACAMBIRA, 2003). Porém, a ocorrência de gibbsita na maioria das amostras analisadas, sugere fonte distinta. A caverna estudada encontra-se na área de ocorrência das rochas vulcânicas básicas da Formação Parauapebas. Microcavidades no teto e nas paredes preenchidas por crostas brancas assemelham-se muito a uma textura amigdaloidal reliquiar, sugerindo que a rocha estudada tratava-se de uma rocha basáltica. Lemos (1981), propõe uma relação dos supostos minerais primários e seus respectivos minerais secundários oriundos de alteração supergênica sobre as rochas vulcânicas da Formação Parauapebas, onde os piroxênios transformaram-se inicialmente em montmorilonita, que com a continuidade do processo da lixiviação pode originar cristais de caulinita com baixa cristalinidade. Similarmente, o plagioclásio altera-se para montmorilonita e, posteriormente, caulinita.

A hematita e goethita podem ser resultantes da concentração do ferro ocasionada pela lixiviação dos minerais ferromagnesianos, típicos de rochas básicas. Entretanto, essa rocha apresenta quantidades de hematita elevada, o que não seria explicado apenas, pela lixiviação de minerais primários, portanto, sugere-se que esse mineral seja, também, produto da lixiviação de formações ferríferas sobrepostas.

A nissonita ($\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$) e ferrowillieita ($\text{AlFe}_2\text{Na}(\text{PO}_4)_3$) são minerais fosfáticos, onde sua origem deu-se, provavelmente, a partir de reações químicas entre o guano, rico em fósforo, e soluções ricas em Mg, Fe, Al e Cu. A gênese de minerais fosfáticos relacionado à presença de guano foi citado por Gonçalves (2002).

A rancieita ($(\text{Ca}, \text{Mn})\text{Mn}_4\text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), silicato de manganês com cálcio, provavelmente formou-se a partir de processos supergênicos, onde minerais contendo manganês, em contato com a atmosfera desestabilizaram-se e oxidaram-se. Esse processo foi citado por Creus (2012), que afirma tratar-se de uma substituição pseudomórfica por oxidação.

A gibbsita pode ter originado-se a partir do avanço dos processos de lixiviação, onde a dessilicificação da caulinita, liberando alumina para o sistema, reprecipitou na forma de gibbsita em microfissuras e zonas porosas.

Além dos fatores acima mencionados, o posicionamento da caverna S11D-0047 sobre o lineamento estrutural NNW-SSE; observado na imagem LIDAR (Figura 10) sugere que esta caverna tenha se desenvolvido devido a percolação de água através de condutos estruturais ampliando a caverna e lixiviando minerais primários, originando o saprólito constituído de gibbsita, hematita, goethita, caulinita, montmorilonita, rancieita e nissonita.

6. CONCLUSÕES

Os aspectos mineralógicos e petrográficos investigados por microscopia convencional e DRX permitiram sugerir as seguintes considerações genéticas para a caverna S11D-0047:

- Ω A caverna originou-se a partir de processos de lixiviação sobre basaltos da Formação Parauapebas, gerando minerais secundários por reações químicas entre substrato rochoso e/ou guano: hematita, gibbsita, goethita, montmorilonita, caulinita, nissonita, e rancieita e ferrowillieita, respectivamente.
- Ω O posicionamento da caverna ao longo de lineamento favoreceu percolação de água meteórica provocando alargamento da caverna, demonstrando que, o intemperismo e o condicionante estrutural foram responsáveis fundamentais pela origem e evolução desta caverna.

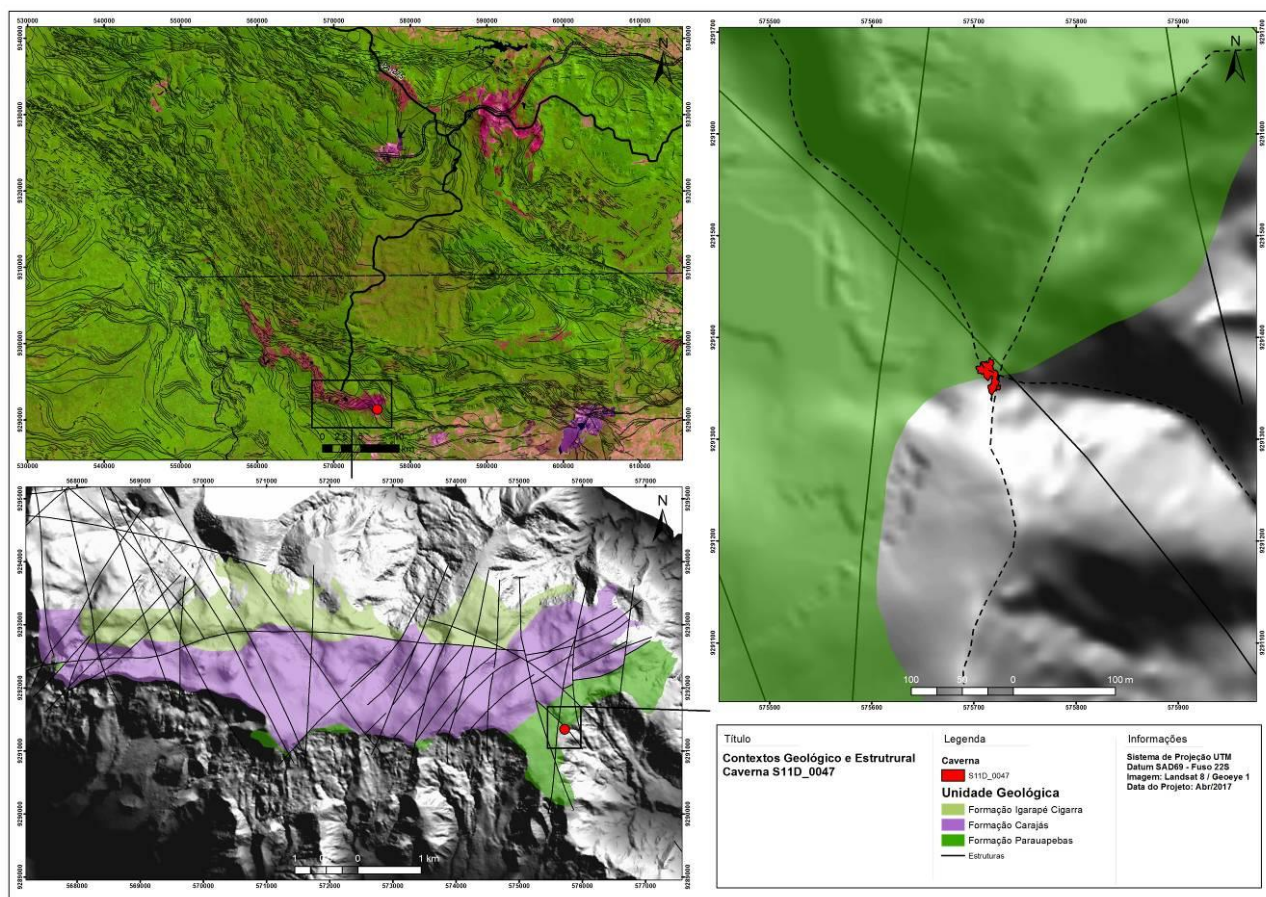


Figura 10 – Imagem do Platô S11D com o posicionamento da caverna. Notar o detalhe da imagem LIDAR mostrando o lineamento em que a caverna está inserida e o vale perpendicular ao lineamento e a intersecção dos lineamentos NW-SE, NE-SW e NNW-SSE com a planta baixa da caverna no centro.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de externar seus sinceros agradecimentos à empresa VALE S.A e Fundação de Amparo e Desenvolvimento de Pesquisa (FADESP), pelo apoio financeiro ao Projeto

Cavidades. Ao professor Dr^o Antônio Emídio Santos Junior da Unifesspa, por sua disponibilidade e considerações na revisão do texto e ao geólogo Rafael Guimarães de Paula pelo auxílio com os mapas e imagens.

REFERÊNCIAS

ABREU S.S. **Petrografia de formações ferríferas associadas às cavidades naturais subterrâneas da Serra Norte, na unidade espeleológica de Carajás, Província mineral de Carajás-PA.** 2014. 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) -Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, Marabá.

ABREU, S.S.; MACAMBIRA, J.B.; CABRAL, E.S. Geologia e Petrografia de Formações Ferríferas com ênfase na Gênese de Cavidades em Serra Norte, Carajás-PA. **Espeleotema.** v.27, n.1. p. 33-44. 2016. Disponível em: www.cavernas.org.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v27_n1_033-044.pdf.

ALBUQUERQUE, A. R. L. **Petrografia e Geoquímica de Espeleotemas em Cavidades Naturais, N4E-08 e N4WS-72, em Formações Ferríferas da Região de Carajás Unidade Geomorfológica Serra Norte.** 2015. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

- ALBUQUERQUE, A.R.L.; GONÇALVES, D.F.; SANTOS JUNIOR, A.E.A. Petrografia e geoquímica de espeleotemas em cavidades naturais, N4E-08 E N4WS-72, em formações ferríferas da região de Carajás – unidade geomorfológica Serra Norte. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. **Anais**. Campinas: SBE, 2015. p.615-622. Disponível em: www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_615-622.pdf.
- ARAÚJO, O.J.B.; MAIA, R.G.N. 1991. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos. Programa Grande Carajás. Serra dos Carajás. Folha SB.22-Z-A. Estado do Pará.** Texto Explicativo. DNPM/ CPRM, Brasília, 136p.
- BARROS, C.E. de M.; e BARBEY, P.; BOULLIER, A. M. Role of Magma pressure, tectonic stress and crystallization progress in the emplacement of sintectonic granites. The A-Type Estrela Granite Complex (Carajás Province Mineral, Brazil). **Tectonophysics**, n. 343, p. 93-109, 2001.
- BERNADES, H.R. **Gênese e Evolução de Espeleotemas em Cavidades Naturais Desenvolvidas em Formações Ferríferas Bandadas e Cobertura Laterítica do Platô N4E, Serra Norte, Província Mineral de Carajás – Pa.** 2016. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- BRAGA, A.A.J. **Caracterização estrutural das áreas de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas na Unidade Espeleológica de Carajás, Província Mineral de Carajás.** 2014. 91p. Trabalho de Conclusão de Curso – (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- CABRAL, E. S. **Petrografia de formações ferríferas (bif's) associadas a cavernas da Serra Sul (Serra Dos Carajás – PA).** 2014. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- CONCEIÇÃO, L.C. **Contribuição ao estudo hidrogeológico nas cavidades naturais da serra norte, Carajás-PA.** 2014. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- CONDE, E.A. **Caracterização de cavidades naturais em N4E e N4WS, Serra Norte, Província Mineral de Carajás.** 2017. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- CREUS, A. J. Rancièita, bustamita, cummingtonita y neotocita, nuevos hallazgos en la mina la Serrana, el molar, torragona. **Revista de Minerale, Barcelona**, v. 2, n. 1, p. 17-17, 2012.
- DOCEGEO. **Revisão Litoestratigrafica da Província Mineral de Carajás.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, 1998, Belém. **Anais**. Belém, 1998. p.11-54.
- DUTRA, G. Síntese dos processos de gênese de cavidades em litologias de ferro. In: RASTEIRO, M.A.; MORATO, L. (eds.) **CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA**, 32, 2013. Barreiras. **Anais**. Campinas: SBE, 2013. p.415-426. Disponível em: www.cavernas.org.br/anais32cbe/32cbe_415-426.pdf.
- FEIO, G. R. L. **Magmatismo granitóide arqueano da área de Canaã dos Carajás: Implicações para a evolução Crustal da Província Carajás.** Universidade Federal do Pará, centro de Geociências. Belém. 2011.
- FEIO G.R.L., DALL'AGNOL R., DANTAS E.L., MACAMBIRA M.J.B., SANTOS J.O.S., ALTHOFF F.J. Geochemistry, geochronology, and origin of the Neoproterozoic Planalto Granite suite, Carajás, Amazonian craton: A-type or hydrated charnockitic granites? **Lithos**, n.151, p. 57-73, 2012.

- FEIO G.R.L., DALL'AGNOL R., DANTAS E.L., MACAMBIRA M.J.B., SANTOS J.O.S., LTHOFF F.J., SOARES J.E.B. Archean granitoid magmatism in the Canaã dos Carajás area: Implications for crustal evolution of the Carajás province, Amazonian craton, Brazil. **Precambrian Res.**, n. 227, p.157-185, 2013.
- GOMES, M A. **Aspectos morfológicos e mineralógicos de feições em cavidade hospedadas em Formações Ferríferas Bandadas/lateríticas da região de Carajás-Pa.** 2014. 66 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- GONÇALVES, D. F. **Cobertura de alteração laterítica-bauxítica da serra do Piriá e fosfatos associados – NE do estado do Pará.** 2002. 120 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- LEMOS, V. P. **Alteração supergenica das rochas básicas do Grupo Grão Pará- implicações sobre a gênese do depósito de bauxita de N5- Serra dos Carajas.** 1981. 140 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- MACAMBIRA J. B. **O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará.** 2003. 217 p. Tese (Doutorado em Metalogênese) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas.
- MACAMBIRA J.B.; RAMOS J.F.F.; ASSIS J.F.P.; FIGUEIRAS A.J.M.1990. **Projeto Serra Norte, Projeto Pojuca: relatório final.** Belém, UFPA, DOCEGEO, SEPLAN, DNPM. 150 p. Inédito.
- MACAMBIRA, J. B.; SILVA, S. A. A. 1998. Caracterização petrográfica dos basaltos do grupo Grão Pará na Serra Norte – Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte: SBG, 1998, p. 127.
- MAURITY, C. W. **Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1 Serra dos Carajás.** 1995. 95p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- 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 Emilio Goeldi.** Série Ciências da Terra, v.7 p. 331-362,1995.
- MACHADO, N., LINDENMAYER, Z.G., KROGH, T.E., LINDENMAYER, D. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. **Precambrian Research**, n. 49, p. 329-354, 1991.
- OLIVEIRA, A. N. **Contribuição Hidrogeológica na Formação e Evolução das Cavidades Naturais da Serra Leste, Carajás-PA.** 2015. p. 60. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- PAIXÃO, E. C. de O. **Análise Petrográfica dos Perfis da Canga Laterítica da Serra Norte de Carajás, Furos N4WS 1398 & N4WE 1495, Serra dos Carajás, Pará.** 2016. p. 38. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.
- PILÓ, L. B.; AULER, A. Geoespeleologia das cavidades em rochas ferríferas da região de Carajás, PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 30., 2009, Montes Claros. **Anais...** Montes Claros: SBE, 2009. p. 181-186. Disponível em: www.cavernas.org.br/anais30cbe/30cbe_181-186.pdf.
- PINHEIRO, T.G.C.; **Gênese e Evolução de Espeleotemas em Formações Ferríferas/Lateríticas das Cavidades N4WS-067 e S11D-83 da Região de Carajás.** 2015. 56 p. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

PINHEIRO, T.G.C.; CONÇALVES, D.F.; SANTOS JÚNIOR, A.E.A.. Caracterização petrográfica de espeleotemas em formações ferríferas/lateríticas das cavidades N4WS-067 e S11D-83 da região de Carajás. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. **Anais...** Campinas: SBE, p.445-453.2015. Disponível em: www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_445-453.pdf.

QUEIROZ, R.S.; SANTOS JUNIOR, A.E.A.. Petrografia e análise de “espeleotemas” do testemunho de sondagem n4ws 1495, das Formações Ferríferas Bandadas, província mineral de Carajás (PA). In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. **Anais...** Campinas: SBE, 2015. p.581-591. Disponível em: www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_581-591.pdf.

RIOS, F.R. **Gênese e evolução de mesocavidades e espeleotemas em testemunho de sondagem N4WS 1495 ao longo de formações ferríferas bandadas, Serra Norte, Província Mineral de Carajás-Pa.** 2015. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

ROSA, R. R. **Fácies, estratigrafia e petrografia das cavidades N4WS-15 e N4WS-23 na unidade espeleológica de Carajás-Pa, Serra Norte.** 2014. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

SOUSA, A. K. C. **Caracterização petrográfica e mineralógica de cavidades desenvolvidas como produtos de alteração de rochas máficas na unidade espeleológica Carajás – sudeste do Pará.** 2015. p. 43. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

TRENDALL, A. F., BASEI M.A.S., LAETER J.R., NELSON D.R. Ion microprobe zircon U-Pb results from the Carajás área of the Amazon Craton. **Journal of South American Earth Sciences**, v.11, p. 265-277,1998.

VIEIRA. M.S. **Contribuição ao Estudo Hidrogeológico na área de Ocorrência das Cavidades Naturais da Serra Norte, Província Mineral de Carajás- PA.** 2015. p. 55. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

Fluxo editorial:

Recebido em: 30.11.2016

Aprovado em: 15.05.2017



A revista *Espeleo-Tema* é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE).
Para submissão de artigos ou consulta aos já publicados visite:

www.cavernas.org.br/espeleo-tema.asp