



ANAIS do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Eldorado SP, 15-19 de julho de 2015 - ISSN 2178-2113 (online)



O artigo a seguir é parte integrando dos Anais do 33º Congresso Brasileiro de Espeleologia disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br/33cbeanais.asp

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

ASSUNÇÃO, P.H.S.; BRAGANTE-FILHO, M.A.. Atual metodologia de mapeamento de cavernas realizada pela Sociedade Excursionista e Espeleológica – SEE. In: RASTEIRO, M.A.; SALLUN FILHO, W. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Eldorado. *Anais...* Campinas: SBE, 2015. p.275-280. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais33cbe/33cbe_275-280.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

ATUAL METODOLOGIA DE MAPEAMENTO DE CAVERNAS REALIZADA PELA SOCIEDADE EXCURSIONISTA E ESPELEOLÓGICA – SEE

*THE CURRENT CAVES MAPPING METHODOLOGY REALIZED BY SOCIEDADE EXCURSIONISTA E
ESPELEOLÓGICA – SEE*

Pedro Henrique da Silva ASSUNÇÃO (1,2); Marco Antônio BRAGANTE-FILHO (1,2)

(1) Sociedade Excursionista e Espeleológica (SEE), Ouro Preto MG.

(2) Universidade Federal de Ouro Preto/ Escola de Minas, Ouro Preto MG.

Contatos: pedroassuncao94@hotmail.com; marcoab.filho@gmail.com.

Resumo

Este artigo tem como principal objetivo a descrição da atual metodologia de mapeamento espeleológico realizados pela Sociedade Excursionista & Espeleológica – SEE. O atual método de mapeamento espeleológico pode ser dividido em duas etapas principais: campo e escritório. Na fase de campo são coletados dados topográficos que possibilitam a confecção de croquis da caverna em suas três dimensões. Na fase de escritório, estes croquis são digitalizados e importados para o programa AutoCAD, onde as informações neles contidas serão vetorizadas. Neste artigo será apresentada também a metodologia de vetorização, desde a entrada dos croquis digitalizados, até a exportação dos arquivos gerados. Cabe ressaltar a importância do mapeamento das cavidades para os estudos espeleológicos subsequentes, como, por exemplo, estudos geoespeleológicos, meteorológicos, biológicos, bem como estudos de aproveitamento turístico e de preservação ambiental. Ao longo da sua história, a SEE vem aperfeiçoando sua técnica de mapeamento espeleológico com o intuito de melhorar a precisão dos mapas produzidos.

Palavras-Chave: Metodologia, vetorização; mapeamento de cavernas; espeleologia.

Abstract

This article's main objective is the description of the current cave mapping methodology conducted by Sociedade Excursionista & Espeleológica – SEE. The current cave mapping method can be divided into two main stages: field and office. In the field phase are collected topographic data that enable the production of cave sketches in three dimensions. In the office stage, these sketches are scanned and imported into AutoCAD program where the information contained therein will be vectorized. This article will also present the vectorization methodology, since the entry of scanned sketches to export the generated files. It is also worth emphasize the importance of this work product for subsequent caving studies, such as Geoespeleological studies, meteorological, biological and tourist use studies and environmental preservation. Throughout its history, the SEE has been improving its speleological mapping technique in order to improve the accuracy of the maps produced.

Key-words: Methodology, vectorization; Cave Mapping; caving.

1. INTRODUÇÃO

Desde sua fundação em 1937, a SEE vem mapeando e desenvolvendo estudos em cavernas de diversas províncias cársticas brasileiras. Ao longo de décadas desenvolveu métodos próprios de exploração e de mapeamento de cavidades, aprimorando os conceitos e representações gráficas existentes (CAVALCANTI, 1996).

O primeiro estudo sobre o assunto - Topografia Subterrânea Aplicada à Espeleologia - foi publicado em 1969 por Paulo Von Krüger na revista Espeleologia, neste estudo ele descreve toda

a técnica e equipamentos utilizados pelos membros da SEE, na década de 60. Segundo Lima (1987), a necessidade de maior eficácia no processamento dos dados levantados em campo impulsionou utilização de computadores a esta atividade, foi então publicado na Revista da Escola de Minas um artigo sobre “Computação aplicado à Topografia de Cavernas”. Cavalcanti (1996) publicou uma cartilha denominada “Metodologia de Mapeamento Espeleológico” divulgando as técnicas de mapeamento utilizadas pela SEE na década de 90. Bragante-Filho *et al* (2014) apresentou um trabalho sobre o levantamento do acervo de mapas da SEE

contendo 501 mapas catalogados em 7 estados brasileiros.

O objetivo deste trabalho é apresentar a atual metodologia de mapeamento espeleológico utilizado pela SEE desde a coleta de dados em campo até a confecção do mapa final. Segundo Cavalcanti, pode-se dividir o mapeamento espeleológico em duas fases distintas: campo e escritório (Figura 1). Na etapa de campo é feito a prospecção, a exploração e o levantamento topográfico da caverna e na etapa de escritório são confeccionados os mapas espeleológicos. Em ambas as fases, a SEE possui uma metodologia específica que vem sendo aplicada e aprimorada por várias gerações de espeleólogos.

Na metodologia de campo o levantamento topográfico é feito pela equipe topográfica que é composta por um ponta de trena, um pé de trena, um anotador e dois croquistas. Esta equipe é responsável pela tomada das várias medidas angulares e geométricas necessárias à confecção dos mapas espeleológicos. Os croquistas são responsáveis pela plotagem destes dados e o posterior desenho do arcabouço espeleológico, são assim elaborados três croquis: da seção horizontal (Planta Baixa), da seção transversal (Cortes), e seção longitudinal (Perfis Longitudinais) que buscam representar a cavidade em suas três dimensões. Ao longo dos anos, a evolução tecnológica e o aparecimento de novas ferramentas vêm facilitando a aquisição de medidas, como é o caso de trenas a laser e inclinômetros eletrônicos. Pode-se citar também o aparecimento no mercado de equipamentos de scanners a laser, equipamentos capazes de topografar a caverna em segundos através da utilização de softwares especializados, no entanto, o alto custo destes produtos restringe o seu uso a grandes empresas e organizações.

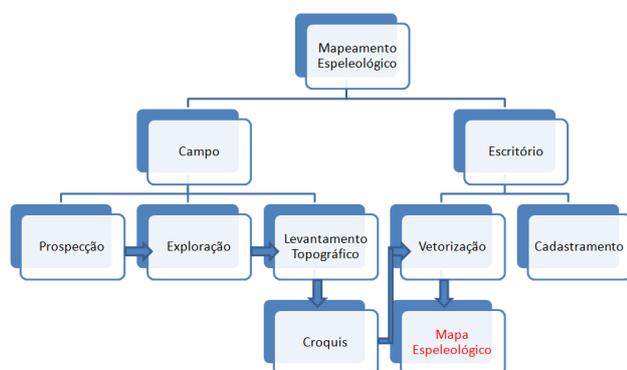


Figura 1. Fluxograma do mapeamento espeleológico realizado pela SEE.

2. METODOLOGIA

Neste artigo procurou-se descrever a metodologia de mapeamento espeleológico da SEE em tópicos e subtópicos, ressaltando que o mapeamento possui duas metodologias: a metodologia de campo e a metodologia de escritório.

2.1 Metodologia de campo

Nesta fase do mapeamento espeleológico são levantados os dados topográficos que serviram de base para a confecção dos croquis. Além da topografia são levadas em consideração as informações sobre espeleotemas, depósitos sedimentares, material orgânico e qualquer outro elemento notável.

2.1.1 Prospecção e Exploração

Antes de começar o mapeamento deve-se conhecer bem a área onde a caverna se localiza, verificando suas coordenadas geográficas, vias de acesso, imagens de satélites, mapas topográficos, entre outros recursos.

É preciso explorar bem os condutos da caverna para que se tenha uma boa percepção da sua morfologia. Esse reconhecimento prévio da caverna é importante, pois através dele a equipe topográfica pode definir estratégias de trabalho mais adequadas, como por exemplo, traçar o melhor percurso para conduzir o levantamento topográfico.

2.1.2 Equipamentos utilizados

Ω Pasta de topografia: escalímetro, transferidor, lapiseira, papel milimetrado, borracha, prancheta, planilha topográfica, ficha de caracterização endocárstica, ficha de convenções espeleológicas, ficha de espeleomorfologia.

Ω Equipamentos de segurança: capacetes, lanternas, headlamps, equipamentos de técnicas verticais.

Ω GPS é de grande importância nos trabalhos de prospecção das cavidades.

Ω Tripé é utilizado para dar suporte a bússola.

Ω Trena laser é um equipamento bastante útil e preciso para tomar as medidas do contorno e das alturas da caverna.

Ω Bússola geológica é utilizada para a leitura dos ângulos horizontais e ângulos verticais.

2.1.3 Equipe Topográfica

A equipe topográfica é responsável pelo trabalho de campo do mapeamento, sendo constituída pelas seguintes funções.

Ponta de trena é o responsável pela locação das estações topográficas, preocupando-se com o melhor posicionamento das mesmas (CAVALCANTI, 1996). Além disso, ele toma medidas laterais de ré, ou seja, direita (LDR) e esquerda (LER) de ré e altura do teto (HT).

Pé de trena ou instrumentista é o responsável pelas leituras dos ângulos horizontais (azimutes) e verticais (α_c) dados pela bússola (CAVALCANTI, 1996). Também é responsável pelas medidas laterais de vante, isto é, direita (LDV) e esquerda (LEV) de vante, pela altura da bússola (HB), altura do teto (HT) e distância inclinada (DI).

Anotador é o responsável pela planilha topográfica, deve anotar todos os dados e observações que são de auxílio indispensável ao mapeamento. Deve ficar atento à planilha, avisar quando falta alguma leitura e fazer o máximo de observações sobre cada estação (CAVALCANTI, 1996). Ele deve fazer os cálculos das distâncias horizontais para que o croquista possa fazer a planta baixa.

Croquistas são aqueles responsáveis pela elaboração dos croquis das seções horizontais (planta baixa), das seções longitudinais (perfil) e seções transversais (cortes), utilizam-se das medidas tomadas e anotadas pelos demais membros da equipe. Geralmente estas funções são destinadas a duas pessoas uma responsável pela planta baixa e a outra pelos perfis e cortes.

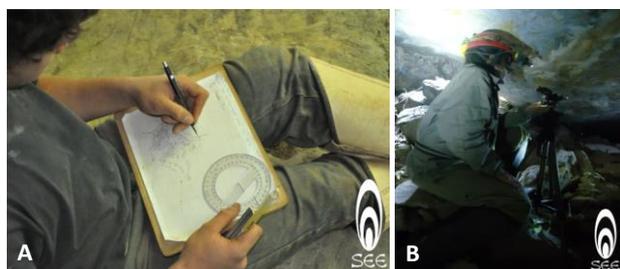


Figura 2 – a) Croquista b) Pé de trena.

2.1.4 Levantamento de dados topográficos

Azimute: é o ângulo horizontal entre a linha de visada e o norte magnético, medido a partir do norte no sentido horário. Como o azimute é um ângulo horizontal, a bússola deve ser nivelada com o nível de bolha circular, que define o plano

horizontal de referência. É utilizado na confecção da planta baixa e na orientação dos perfis e cortes (CAVALCANTI, 1996).

Alfa C (α_c): é o ângulo vertical formado entre a linha de visada e sua projeção ortogonal ao plano horizontal de referência (CAVALCANTI, 1996).

Distância inclinada (DI): é a distância entre a estação base e o ponto visado. A partir desta e do α_c , através das relações do triângulo, calcula-se a distância horizontal (DH), utilizada na confecção da planta baixa, e no cálculo do desnível entre as estações e da caverna (CAVALCANTI, 1996).

Distancia Horizontal (DH): é a projeção horizontal da distância inclinada, calculada a partir da relação trigonométrica entre a DI e o α_c . Essa medida é utilizada na confecção da planta baixa.

Altura da Bússola (HB): é medida entre o chão ao eixo da bússola. É utilizada no cálculo do desnível da caverna e para a confecção dos cortes e perfis (CAVALCANTI, 1996).

Altura do Teto (HT): é a distância vertical tomada da estação ao teto da caverna sendo que para essa medida é utilizada a trena a laser.

Leituras laterais: estas leituras são realizadas perpendicularmente à linha de visada a partir de um eixo vertical imaginário passando pelo centro da caixa da bússola. As leituras de vante são as distâncias horizontais entre a estação onde se encontra a bússola e as paredes da caverna olhando-se para o ponto visado, sendo que a leitura direita de vante (LDV) é tomada na parede da direita e a leitura esquerda de vante (LEV) é tomada na parede da esquerda. As leituras de ré são as distâncias horizontais entre o ponto visado e as paredes da caverna, sendo a leitura direita de ré (LDR) e a leitura esquerda de ré (LER) são tomadas olhando-se da estação visada para a estação onde se encontra a bússola (CAVALCANTI, 1996).

2.1.5 Métodos de levantamentos topográficos

Poligonal Fechada: neste método as estações topográficas estão dispostas de forma que quando interligadas formarão uma poligonal fechada. Com este método é possível calcular o erro de fechamento da poligonal (CAVALCANTI, 1996).

Poligonal Aberta: neste método as estações topográficas estão dispostas segundo o eixo principal de desenvolvimento da caverna e as distâncias entre as estações devem ser controladas de acordo com o detalhamento que se deseja, pois

b)

quanto maior o número de estações maior será o erro acumulado (CAVALCANTI, 1996).

Irradiação: neste método a partir de uma estação topográfica central irradiam-se visadas para as laterais de um conduto ou salão, sendo que não ocorre a continuação da topográfica nestes pontos (CAVALCANTI, 1996).

Triangulação: é um método clássico, utilizado desde a antiguidade no cálculo de áreas. Este método também possibilita a tomada de medidas entre pontos inacessíveis através da distância entre dois pontos conhecidos e de leituras de ângulos entre pontos visados e pontos conhecidos (CAVALCANTI, 1996).

2.1.6 Graus de precisão

A determinação da precisão do levantamento topográfico é importante, pois torna possível que se determine a fidedignidade do mapa em relação à cavidade trabalhada, estabelecendo parâmetros para comparar a precisão e o detalhamento de um mapa espeleológico (MOURA, 2011). Existem basicamente dois sistemas, o British Cave Research Association (BCRA) e Union Internationale de

Spéléologie (UIS). O BCRA define sete graus de precisão para linha central da topografia e quatro classes para o detalhamento dos condutos laterais. A SEE tem utilizado atualmente o método BCRA em seus mapeamentos. Segundo Moura (2011) esse é o método mais utilizado pelos espeleólogos do Brasil.

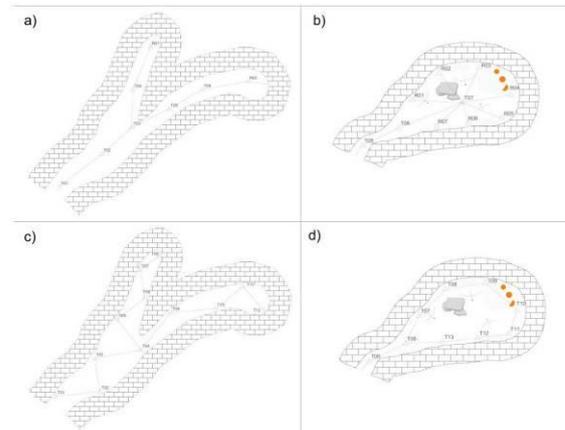


Figura 3. a) Método poligonal aberta b) Método por irradiação c) Método por triangulação d) Método poligonal fechada.

Tabela 1. Graus de precisão do método BCRA para a linha central da topografia.

Grau	Descrição
1	Esboço de baixa precisão, sem medições tomadas em campo.
2	A ser usado, somente se necessário, para descrever um esboço com precisão intermediária entre os Graus 1 e 3.
3	Levantamento magnético de baixa precisão. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 2,5^\circ$ e distâncias medidas com precisão ± 50 cm; erro de posição da base menor que 50 cm.
4	A ser usado, somente se necessário, para descrever um levantamento que, apesar de mais preciso que o Grau 3, não tenha alcançado os requisitos do Grau 5.
5	Levantamento magnético. Ângulos horizontal e vertical medidos com precisão $\pm 1^\circ$, distâncias medidas com precisão de 1 cm e erro de posição da base menor que 10 cm.
6	Levantamento magnético com precisão maior que a de Grau 5.
X	Levantamento topográfico utilizando-se teodolito ou Estação Total ao invés de bússola

Tabela 2. Graus BCRA para registro de detalhes de conduto.

Grau	Descrição
A	Detalhes das galerias baseados na memória.
B	Detalhes das galerias estimados e anotados na caverna.
C	Medidas de detalhe realizadas apenas nas bases topográficas.
D	Medidas de detalhe realizadas nas bases topográficas e entre elas, de modo a representar mudanças morfológicas na galeria.

3 METODOLOGIA DE ESCRITÓRIO

Nesta fase do mapeamento todas as informações coletadas no campo são trabalhadas de forma a atingir o principal objetivo do mapeamento, as confecções dos mapas espeleológicos. Os croquis são gerados a partir do levantamento topográfico e

são posteriormente vetorizados resultando em um mapa espeleológico. A SEE vem utilizando principalmente o programa AutoCAD para esse propósito e ainda o programa ArcGis para estudos da relação da caverna com o exocárstico.

3.1 Vetorização no programa AutoCAD

O programa AutoCAD possui ferramentas que facilitam o trabalho de vetorização dos croquis produzindo um arquivo vetorizado que pode ser exportado para diversos fins, geralmente são exportados para impressão. Além disso, ele permite imprimir mapas de alta qualidade em várias escalas dependendo do detalhamento desejado.

O primeiro passo é construir uma base de vetorização, nela estarão alguns comandos que facilitaram o processo de vetorização. O comando “BLOCK” permitirá a inserção de objetos em forma de blocos vetoriais no seu trabalho como, por exemplo, espeleotemas, estações, blocos abatidos. O comando “LAYER” permite definir camadas para cada tipo objetos vetoriais ou imagens, com suas respectivas propriedades como a cor, a espessura da linha. Estas propriedades são de grande importância na finalização do mapa, uma vez que elas permanecerão na impressão do mapa. Além disso, o comando “LAYER” permite deixar visível somente as camadas desejadas na interface do programa.

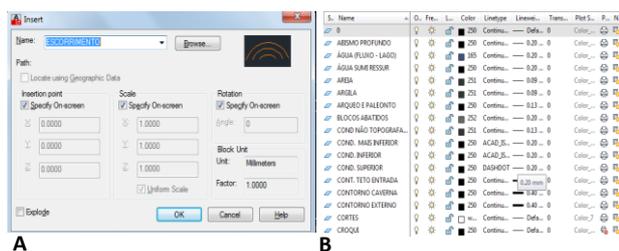


Figura 4. a) Interface de inserção do comando BLOCK. b) Interface de propriedades do comando LAYER.

O segundo passo é a inserção de dados e a orientação dos mesmos no programa. Neste caso os dados inseridos são os croquis digitalizados, a partir deles serão confeccionados os mapas espeleológicos no formato digital. Depois de inserir os croquis eles deverão ser orientados segundo o grid do AutoCAD, para isso utiliza-se o comando “ALIGN”, ou seja, o norte do croqui é orientado com o eixo Y do grid. Além disso, o croqui deve ser colocado na escala devida que está indicada no próprio croqui, para isso utiliza-se o comando “SCALE”.

O terceiro passo é a vetorização propriamente dita, nela é feita a inserção dos objetos vetoriais, como as linhas, polilinhas, pontos, blocos, hachuras, etc. Todos esses objetos devem estar de acordo com as informações contidas no croqui, para que representação do mapa fique mais próxima do real.

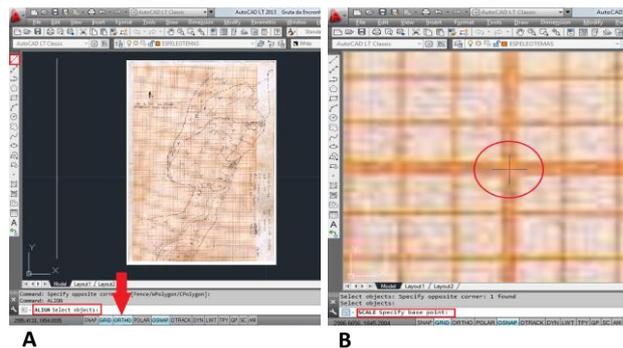


Figura 5. a) Alinhamento do croqui com o eixo Y. b) Ajustamento da escala do croqui.

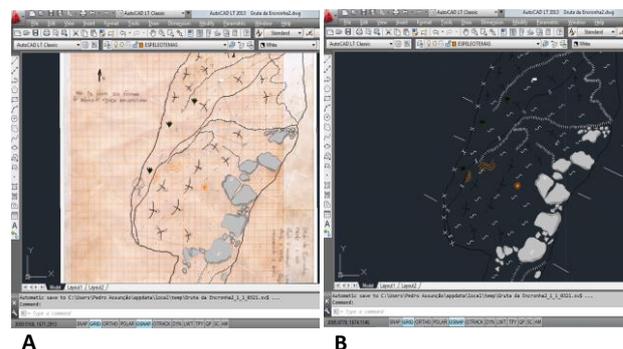


Figura 6. a) Croqui e objetos vetoriais. b) Objetos vetoriais sem o croqui ao fundo.

O último passo é a finalização do Layout do mapa definindo o tipo de folha, a organização dos cortes na folha, inserindo a tabela de convenções espeleológicas, o norte e a legenda de descrição da caverna que contem o nome da caverna, localização, coordenadas geográfica da boca, escala de mapeamento, desenvolvimento linear, área, projeção horizontal e método de precisão. Por fim, o mapa está pronto para ser exportado em vários formatos, usualmente em formato PDF para impressões.

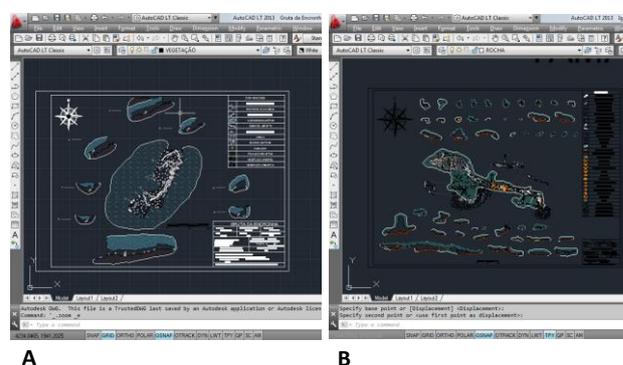


Figura 7. a) Layout da Gruta da Encronha. b) Layout da Gruta Igrejinha.

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

O resultado deste trabalho é apresentar o produto final do mapeamento espeleológico que são os mapas espeleológicos. Mais que um mapa topográfico, eles contêm informações relevantes sobre vários aspectos da caverna como os tipos de espeleotemas, a morfologia dos condutos, o desenvolvimento linear da caverna, os tipos de sedimentos, presença de água subterrânea, arqueologia e presença de seres vivos.

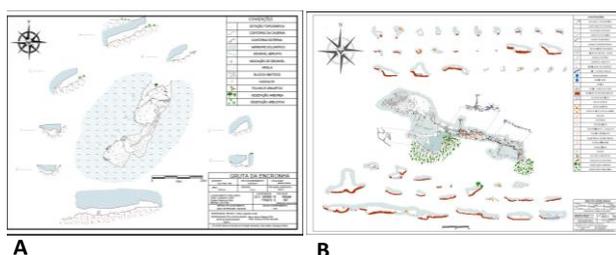


Figura 8. a) Mapa em PDF da Gruta da Encronha.
b) Mapa em PDF da Gruta Igrejinha.

Geralmente esses mapas são impressos em vários formatos de folha dependendo do detalhamento desejado. Além do mais, com programa AutoCAD é possível exportar arquivos em formatos compatíveis com softwares de geoprocessamento permitindo estudar relações da caverna e do meio externo a ela.

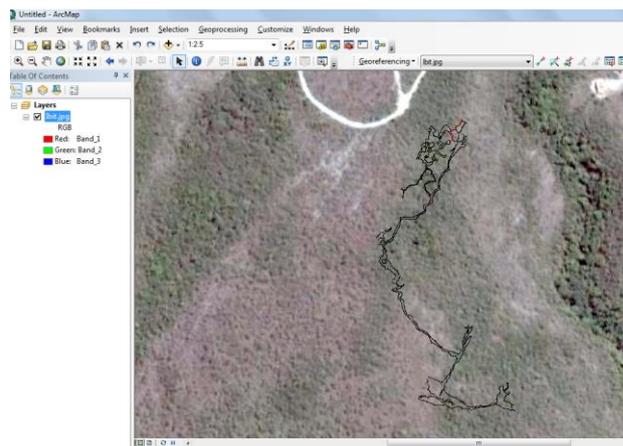


Figura 9. Interface do ArcGIS com o contorno externo da Gruta MartimianoII.

5. CONCLUSÕES

O mapeamento espeleológico tem papel fundamental no desenvolvimento dos estudos de espeleologia, com eles é possível ter a representação gráfica da caverna que permite analisá-la em vários âmbitos. Alguns estudos que podem ser desenvolvido são a geoespeleologia, a bioespeleologia, o espeleoturismo, a arqueologia e a paleontologia. Essa gama de estudos evidencia a espeleologia como uma ciência multidisciplinar que envolve, em seus estudos, temáticas de diversas áreas da ciência. A técnica de mapeamento espeleológico é bem característica de cada grupo de espeleologia. Em toda sua história, a SEE vem preservando e aprimorando sua técnica de mapeamento que é passada de gerações a gerações de espeleólogos. Sem dúvidas, a técnica de mapeamento é um patrimônio imaterial da SEE que deve ser difundida e aprimorada cada vez mais.

BIBLIOGRAFIA

- CAVALCANTI, J. A. D.. **Mapeamento Espeleológico**. Ouro Preto: SEE, ed. 1,1996.
- MOURA, V.. Prospecção espeleológica, topografia e espeleometria de cavernas. **III Curso de espeleologia e licenciamento ambiental**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), v.1, p.45-88, 2011.
- LIMA, M. T. de. Computação aplicada à topografia de cavernas. **Revista Escola de Minas**. v.40, n. 4, p.28-30, 1987.
- KRÜGER, P. V.. Topografia Subterrânea Aplicada à Espeleologia. **Espeleologia**. v.1, n.1, p.33-36, 1969.
- BRAGANTE FILHO, M. A. *et al.* Inventário do acervo de mapas espeleológicos da Sociedade Excursionista & Espeleológica dos alunos da escola de minas – Ouro Preto/MG. **II Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico**. 2014.