

# Computação Aplicada à Topografia de Cavernas

SOCIEDADE EXCURSIONISTA E ESPELEOLÓGICA DOS ALUNOS DA ESCOLA DE MINAS - SEE

Marcelo Taylor de Lima\*

## RESUMO

Neste artigo são discutidos diversos aspectos relativos à utilização da computação como uma importante ferramenta para a topografia de cavernas. Também é apresentado um programa que representa o passo inicial desta união, pois calcula a posição das estações topográficas em coordenadas cartesianas.

## ABSTRACT

Are discussed several aspects about using computation as an important tool for cave topography. It is also presented a program that calculate the position of the topographic stations in cartesian coordinates.

## 1-INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Sociedade Excursionista e Espeleológica dos Alunos da Escola de Minas / SEE vem aperfeiçoando as técnicas de mapeamento subterrâneo, bem como utilizando equipamentos de campo mais precisos. Percebemos, então, a necessidade de maior precisão e velocidade no processamento dos dados levantados em campo, o que nos levou inevitavelmente à computação.

Para o início desta união, desenvolvemos um programa - o programa TOPGRU - que calcula a posição das estações topográficas em coordenadas cartesianas e transforma os dados da caderneta de campo em dados mais completos para utilização.

Este programa foi elaborado em linguagem FORTRAN 77 e utilizado em computador CYBER 170/720, permitindo o processamento de até 1000 estações em um máximo de 12 segundos, sendo apropriado para mapeamentos de graus de precisão BCRA de 3 a X, e qualquer grau de detalhamento (Sanchez, 1980). Sendo, assim, o programa é apropriado para diferentes tipos de levantamentos topográficos, onde os

equipamentos utilizados podem ser bússola, trena, taqueômetro, topofio, clinômetro, teodolito e outros.

Foi desenvolvida também uma versão deste programa compatível com a linha IBM-PC.

O aproveitamento dos dados pode ser feito através de plotagem manual, como demonstrado neste artigo, ou através de plotagem automática.

## 2 - UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

A entrada dos dados é composta de acordo com a caderneta de campo da SEE, ou seja, um cabeçalho no início e uma sequência de linhas composta a cada linha, pelas seguintes colunas: estação-base, estação visada, distância entre estações, azimute ou rumo da linha visada, desnível ou ângulo vertical entre estações, altura do teto sobre a estação visada e altura do clinômetro à estação-base.

Para uma melhor visualização da entrada e saída de dados e sua utilização, são anexadas uma tabela hipotética de entrada - Tabela 1 -, sua correspondente tabela de saída - Tabela 2 - e uma Figura representativa da construção da planta da caverna, com base em tais dados.

TABELA 1 - Entrada de Dados

### ARQUIVO TESTE DO PROGRAMA TOPGRU

Sociedade Excursionista e Espeleológica - Ouro Preto  
Levantamento em julho de 1987

	0.00	0.00	0.00			
1	2	37.48 I	115.0	- 3.5 G	4.55 M	1.05
3	2	24.90 H	204.0	- 1.06 M	7.5 G	0.90
3	5	32.10 I	S 71.0E	- 8.5 G	10.86 M	0.90
4	101	8.50 H	316.5	4.61 M	1.80 M	0.55
4	102	9.10 H	259.0	0.40 M	3.20 M	0.55
3	4	35.40 I	N 57.0 W	6.0 G	25.0 G	0.90
6	5	23.50 I	S 18.5 W	-6.5 G	11.00 M	1.15
15	103	43.32 I	S 55.5 W	-34.5 G	-55.5G	.60
15	14	13.57 H	35.0	-2.33 M	4.56 M	.50

## 2.1 - Descrição da entrada de dados

### 2.1.1 - Registro 1

COLUNAS	FORMAT	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
1-50	A50	NOME	Especifica o nome da caverna.

### 2.1.2 - Registro 2

COLUNAS	FORMAT	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
1-50	A50	MUN	Especifica o município onde se encontra a caverna.

### 2.1.3 - Registro 3

COLUNAS	FORMAT	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
1-30	A30	DIA	Especifica a data em que foi realizado o levantamento.

### 2.1.4 - Registro 4

COLUNAS	FORMAT	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO
1 - 12	FL2.2	X(1)	Coordenada X da estação 1.
13 - 24	FL2.2	Y(1)	Coordenada Y da estação 1.
25 - 36	FL2.2	Z(1)	Coordenada Z da estação 1.

### 2.1.5 - Blocos de Dados

Consiste no registro dos dados de campo de acordo com a sequência da caderneta de campo da Sociedade Excursionista e Espeleológica, possuindo um máximo de 999 registros.

\* Diretor Técnico da SEE, gestão 86/87, e aluno do 8º período do curso de Engenharia Geológica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.



Para cada registro:				22-26	F5.1	AZ(i)	Azimute ou ângulo de rumo.				na estação-base entre a horizontal e o teto sobre a estação visada.	
COLUNAS	FORMAT	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	27	AI	EW(i)	= E, para o rumo no sentido Leste. = W, para rumo no sentido Oeste, = b , para azimute,	45	AI	IT(i)	= M, para altura do teto sobre a estação visada, em metros. = G, para o ângulo vertical, em graus.	
1 - 3	13	BASE(i)	Número da estação-base.									
6 - 8	13	VIS(i)	Número da estação visada.									
9 - 17	F9.2	DI(i)	Distância medida entre estações.	28 - 35	F8.2	DES(i).	Desnível entre estações, ou ângulo vertical entre estações.					
18	AI	HI(i)	= H, se a distância entre as estações for medida na horizontal. = I, se a distância entre estações for inclinada.	36	AI	MG(i)	= M, para desnível entre estações, em metros. = g, para ângulo vertical entre estações, em graus, lido por clinômetro.	46-51	F6.2	HB(i)	Altura do clinômetro em relação à estação-base.	
21	AI	NS(i)	= N, para rumo no sentido Norte, = S, para rumo no sentido sul, = b , para azimute,	37 - 44	F8.2	HT(i)	Altura do teto sobre a estação visada ou ângulo vertical					

### 2.1.6 - Registro Final

Especifica o fim do arquivo. Um registro em branco é suficiente.

## 2.1.6 - Registro Final

Especifica o fim do arquivo. Um registro em branco é suficiente.

TABELA 2 - Saída de Dados

### ARQUIVO TESTE DO PROGRAMA TOPGRU

Sociedade Excursionista e Espeleológica - Ouro Preto  
Levantamento em julho de 1987

LINHA	BASE	VIS	D. INC.	D.HOR.	AZ	DES	TETO	CALC.
1	1	2	37.48	37.41	115.0	-1.24	4.55	2
2	3	2	24.92	24.90	204.0	-1.06	5.24	3
3	3	5	32.10	31.75	109.0	-3.84	10.86	5
4	4	101	9.67	8.50	316.5	4.61	1.80	0
5	4	102	9.11	9.10	259.0	.40	3.20	0
6	3	4	35.40	35.21	303.0	4.60	12.72	4
7	6	5	23.50	23.35	198.5	-1.51	11.00	6

Altura do teto é negativa em 15-103. Verifique.

8	15	103	43.32	35.70	235.5	-23.94	-27.41	0
9	15	14	13.77	13.57	35.0	-2.33	4.56	0

Estações não calculadas por falta de amarração entre as bases

Linha	Base	Visada
8	15	103
9	15	14

Coordenadas cartesianas das estações, em metros. Escala 1:1

X ( 1 ) =	.00	Y ( 1 ) =	.00	Z ( 1 ) =	.00
X ( 2 ) =	33.91	Y ( 2 ) =	-15.81	Z ( 2 ) =	-1.24
X ( 3 ) =	44.03	Y ( 3 ) =	6.94	Z ( 3 ) =	-.18
X ( 4 ) =	14.51	Y ( 4 ) =	26.11	Z ( 4 ) =	4.42
X ( 5 ) =	74.05	Y ( 5 ) =	-3.40	Z ( 5 ) =	-4.02
X ( 6 ) =	81.46	Y ( 6 ) =	18.74	Z ( 6 ) =	-2.51
X ( 101 ) =	8.66	Y ( 101 ) =	32.28	Z ( 101 ) =	9.03
X ( 102 ) =	5.57	Y ( 102 ) =	24.38	Z ( 102 ) =	4.82

X ( MAX ) = X ( 6 ) = 81.46

X ( MIN ) = X ( 1 ) = .00

Y ( MAX ) = Y ( 101 ) = 32.28

Y ( MIN ) = Y ( 2 ) = -15.81

Z ( MIN ) = Z ( 5 ) = -4.02

SPE - 85/86 - Sociedade Excursionista e Espeleológica - 85 / 86 - SPE  
11.11.48. UCLP,AA, LP41D, 0.192KLNS.



## 2.2 Cálculos e Saída ( Tabela 2 )

O cabeçalho é impresso sem alterações, enquanto que a partir dos dados da caderneta são efetuados diversos cálculos e transformações:

- a partir da distância inclinada é calculada a distância horizontal ou o recíproco, sendo ambas impressas;
- o rumo magnético é transformado e impresso em azimute;
- a altura do teto e o desnível em graus são transformados e impressos em metros.

Os cálculos das coordenadas das estações são efetuados através de eixos cartesianos. O eixo X coincide com a direção EW, com valores positivos para Leste e negativos para Oeste. O eixo Y coincide com a direção NS, sendo positivo ao Norte e negativo ao Sul ( Espartel, 1980 ). O eixo Z indica as cotas altimétricas das estações. As coordenadas de uma estação desconhecida são obtidas, então, projetando-se nos três eixos as componentes calculadas a partir da distância, do azimute e do desnível, e somando-as às coordenadas da estação conhecida ( ver Figura 1 ).

O programa aceita também a visada inversa, ou seja, a partir da estação visada de coordenadas conhecidas, calculam-se as coordenadas da estação-base. Este tipo de visada permite uma considerável economia de tempo despendido no campo. Portanto é impressa também uma coluna que indica, a cada linha, qual estação está sendo calculada.

O programa TOPGRU aceita que as linhas sejam digitadas aleatoriamente, independentes da ordem seguida em campo. Neste caso, reserva-se o algarismo 0 para a coluna das estações calculadas.

Caso existam estações que não puderam ser calculadas por falta de amarração entre as estações, é impresso um módulo indicativo.

Após a impressão do cabeçalho, da caderneta calculada e deste último módulo, são impressas as coordenadas das estações e os valores máximos e mínimos obtidos em cada eixo. O conhecimento desses valores é interessante para se permitir uma estimativa do traçado da caverna antes da efetiva construção do mapa.

Para uma melhor visualização ver a Figura 1 a seguir.

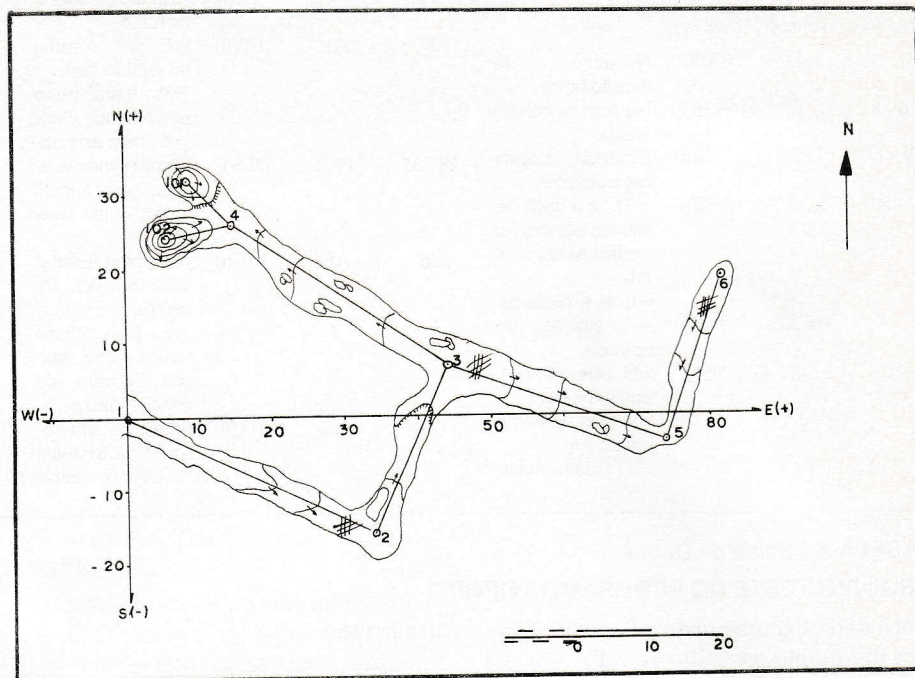


Figura 1 – Mapa da Caverna Feito a Partir da Tabela 2

## 3 - CONCLUSÕES E NOVAS PERSPECTIVAS

A utilização da computação na topografia espeleológica representou um sensível ganho em precisão e tempo. No cálculo da caderneta topográfica evita-se o erro humano, comum na utilização de calculadoras, diminuem-se os erros de arredondamento e ganha-se tempo na digitação dos dados, possibilitando, ainda, sua posterior conferência. A plotagem de coordenadas é bastante mais rápida do que a do método tradicional a régua e transferidor. Além disso, o erro na plotagem de uma estação não interfere nas demais, diferentemente da plotagem tradicional.

O programa TOPGRU encontra-se arquivado na Sociedade Excursionista e Espeleológica, estando à disposição da comunidade espeleológica para uso e cópia.

A elaboração deste programa, longe de esgotar as possibilidades da computação aplicada à topografia de cavernas, apenas serve de referências para futuros aperfeiçoamentos, tais como a plotagem automática, a correção analítica de poligonais tridimensionais, o cálculo de erros, as projeções a três dimensões, e outros.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Departamento de Mineração da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto pelo livre acesso ao computador.

Ao professor Dr. Armando Zau-pa Remacre, do referido Departamento, pela revisão deste texto.

Agradecemos também a Moacir Cornetti, cuja atenção e incentivo viabilizaram o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Paulo César R. **Programação Estruturada**. Ouro Preto, Imprensa Universitária da UFOP, 1980. 43 p.
- ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. Porto Alegre, Globo, 1980. p. 63-70, 103-16, 219-29.
- KRÜGER, Paulo von. Topografia subterrânea aplicada às cavernas. **Espeleologia** 1(1):33-6, 1969.
- SANCHEZ, L. E. Graus de precisão em topografia de cavernas. In: CONGR. NACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 14, Belo Horizonte, 1980. **Anais...** Belo Horizonte, CPG, 1980.