

---

**TECNOLOGIA GNSS PARA CÁLCULO DE VOLUME SUB-SUPERFICIAL EM ÁREA MINERÁRIA**

CARLOS ALBERTO PESSOA MELLLO GALDINO- 1

MARÇAL SAYÃO MAIA – 2

<sup>1</sup>- Universidade Federal de Pernambuco - UFPE  
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG  
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE  
[carlosapmg@yahoo.com.br](mailto:carlosapmg@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>- Rua Santo Elias, 64 – 101  
CEP: 52.020 – 214 – Graça – Recife  
[marcalsayao@hotmail.com](mailto:marcalsayao@hotmail.com)

---

**RESUMO** - Trata-se de uma pesquisa aplicada, teve como objetivo principal, a medição do volume do corpo de minério (rocha silicática) sub-superficial e do material estéril, medidos da face superior subterrânea à superfície física. As medições de campo foram efetuadas com perfuratriz vertical, tipo Rock Drill com autonomia de até 30 metros de profundidade e diâmetro de 3", de sonda rotativa de 4" de diâmetro, que produz testemunhos de 2", com autonomia de 180 metros e rastreador de satélites do sistema GNSS, TOPCON - RTK geodésico. Os procedimentos iniciaram-se com o planejamento de uma malha homogeneamente distribuída sobre a área retangular de 75.000 m<sup>2</sup>, situada no entorno do furo da sonda rotativa que produziu o "testemunho de maciço rochoso" da ordem de 80 metros, sendo 71 de rocha e 9 de estéril - distância entre a superfície e o corpo mineral -. Nesse contexto, definiu-se o limite inferior de 80 metros, ainda sobre o material rochoso, sem vazar o bloco mineral, como plano inferior de referência para cálculo dos volumes, e, como limite superior, a profundidade subtrativa da superfície física ao contato do furo de Rock Drill à rocha. Assim, por subtração obteve-se a superfície topográfica sub-superficial do bloco rochoso na área delimitada, as profundidades do nível interior, do nível superior do bloco mineral e da superfície física. Os respectivos volumes foram calculados com software adequado ao cálculo de volumes e por consecução de seções transversais com 95% de confiança nos valores resultantes. O resultado final do estudo e dos procedimentos técnicos e tecnológicos, na atualidade dá apoio às aulas práticas de Levantamentos Especiais, como Notas de Aula, ministrados aos cursos de Engenharia de Minas, Geologia e de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE.

**ABSTRACT** - It is an applied research had as main objective, measuring the ore body volume (silicatic rock) sub-surface and sterile material, measured from the top underground due to the physical surface. Field measurements were performed with vertical drilling, Rock Drill type with a range of up to 30 meters depth and diameter of 3 "rotating probe 4" in diameter, which produces two "witnesses, with a range of 180 meters and tracker satellite GNSS system, Topcon - geodetic RTK. The proceedings began with planning a homogeneously distributed mesh of the rectangular area of 75,000 m<sup>2</sup>, located in the vicinity of the hole of the rotating probe that produced the "rock mass of testimony" of the order of 80 meters, 71 Rock and 9 sterile - distance between the surface and the ore body -. In this context, we defined the lower limit of 80 meters, still on the rocky material without leaking the mineral block, as the lower reference plane for the calculation of the volume, and as the upper limit, the subtractive depth of the physical surface of the contact Rock drill hole the rock. Thus was obtained by subtracting the topographic surface of the subsurface rock block in the defined area, the depths of the inner level, the upper level of the mineral block and the physical surface. Their volumes were calculated using appropriate software to calculate volumes and achieving cross sections with 95% confidence in the resulting values. The end result of the study and the technical and technological procedures, currently provides support to Special Surveys practical classes, as Lecture Notes, given the Mining Engineering courses, Geology and Cartographic Engineering and Land Surveying Department of Cartographic Engineering UFPE.

---

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil as áreas minerárias (sub-superficiais e afloradas) são patrimônio da União e são exploradas por instituições públicas e privadas mediante concessões de lavras ou de exploração, esse direito tem como contrapartida o pagamento periódico de taxas e varia de acordo com a dimensão e tipo de minério. Por lei o órgão responsável pela gerência – controle e concessão -dessas áreas é o Ministério das Minas e Energia, através do DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. A segurança jurídica da área em que está situado um determinado minério é garantida pelo código Civil, no que diz respeito ao direito de propriedade, logo, o cidadão tem a garantia da propriedade superficial (um terreno, uma fazenda, etc.), sem, no entanto ser necessariamente o concessionário do minério contido nos limites dessa propriedade. Nessa condição, o proprietário da superfície recebe indenizações ou Royalties da mineradora que explora esse direito de lavra. Nas fases introdutórias para concessão de uma área, a engenharia cartográfica em conjunto com a engenharia de minas ou geologia, tem papel preponderante na definição e delimitação de uma determinada área – em caráter informativo: a geometria dessas glebas tem seus limites descritos por coordenadas geodésicas, com seus azimutes formados por ângulos inteiros (0°; 90°, 180° ou 270°) a partir de uma origem denominada de “PA – Ponto de Amarração” e a partir de janeiro de 2015 está referenciado ao Datum SIRGAS2000. Essas informações cartográficas devem fazer parte dos procedimentos que geram o respectivo Processo, no primeiro step Requerimento de Pesquisa – direito de exploração com objetivos de definir parâmetros – qualidade, teor, viabilidade, etc., seguindo-se de um Requerimento de Lavra – direito de explorar comercialmente sem restrições, mas na condição de periodicamente dá informações através de relatórios dirigidos ao DNPM, de todo gerenciamento relativo à mineração, produção, manejo de estéril e dos procedimentos de proteção ao meio ambiente.

Sob essa ótica, o estudo é parte de um projeto maior de atividades da engenharia cartográfica (Transporte de coordenadas precisas por GNSS, locação dos limites da área minerária, definição de volumes aflorados por tecnologia GNSS, controle de produção de minério (volumes) e projeção de lavra (volumes), etc.) da mineradora em questão, onde se estudou o potencial mineral, sub-superficial da mina. Assim escolheu-se a profundidade de 80 metros para os furos de sonda rotativa com testemunho, em virtude de que nessa profundidade, ainda estava sobre o maciço rochoso e, nesse nível, o talvegue contíguo não teria suas águas invadindo a “praça” da jazida. Através de estudos geológicos e de gravimetria –particularmente de isostasia, contextualizando Vanícek (1986)-, sabe-se da relação afloramento-profundidade desse corpo de minério sobre a argila (discrepância entre as massas específicas dos distintos materiais), e, na profundidade de 71 metros pode se definir um plano horizontal – uma plataforma contínua -como referência de nível inferior em toda área de estudo e ao mesmo tempo não ser atingido pelas águas invasivas do talvegue, numa profundidade maior.

## 2 OBJETIVOS

Pesquisa sobre medições de volumes de minério (rocha silicática) e estéril (predominantemente de argila), por meio de furos sonda rotativa com testemunho, furos verticais de rock drill e de medições geodésicas com rastreadores de satélites do sistema GNSS.

Produção de Notas de Aulas complementares, para ministério da Disciplina Levantamentos Especiais, particularmente sobre o tema de “topografia para mineração”, nas especificidades dos cursos de Engenharia de Minas, Geologia e de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura do Departamento de Engenharia Cartográfica da UFPE.

## 3 PLANEJAMENTO, MÉTODO, TÉCNICAS E TECNOLOGIA

É apresentando resumidamente, o planejamento, um método para obtenção das coordenadas e da profundidade do corpo de minério e da espessura do material estéril, a técnica utilizada e a respectiva justificativa e as tecnologias interdisciplinares utilizadas para obtenção do objetivo.

O planejamento consiste no reconhecimento de campo da definição dos limites da área de estudo a ser medida, considerando as premissas de estar no interior de área minerária do respectivo processo DNPM, dos conceitos gravimétricos aplicado à geologia, particularmente no que concerne a diferença de massas específicas dos minerais (volume de afloramento versus volume subterrâneo, como contextualizado em Vanícek (1986) – compensação das massas – isostasia) e da distribuição dos pontos no entorno do ponto sondado como testemunho da espessura estéril e da profundidade sobre o maciço pré-estabelecido. Assim apresentam-se o método, técnica e tecnologias deste trabalho.

### 3.1 Atividades Desenvolvidas

- Processos DNPM 840014-2001 e DNPM 840040-2001 – com informações de localização, potencial mineral, viabilidade econômica, meio ambiente e outras de interesse do minerador e do DNPM. Podem ser vistas e analisadas no site da Instituição DNPM- <https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/dadosProcesso.aspx> - A figura abaixo apresenta a localização, as dimensões da área minerária, o Datum de referência, o ponto de amarração, as coordenadas do polígono e um croqui de localização da área do processo em relação aos outros no entorno na região.

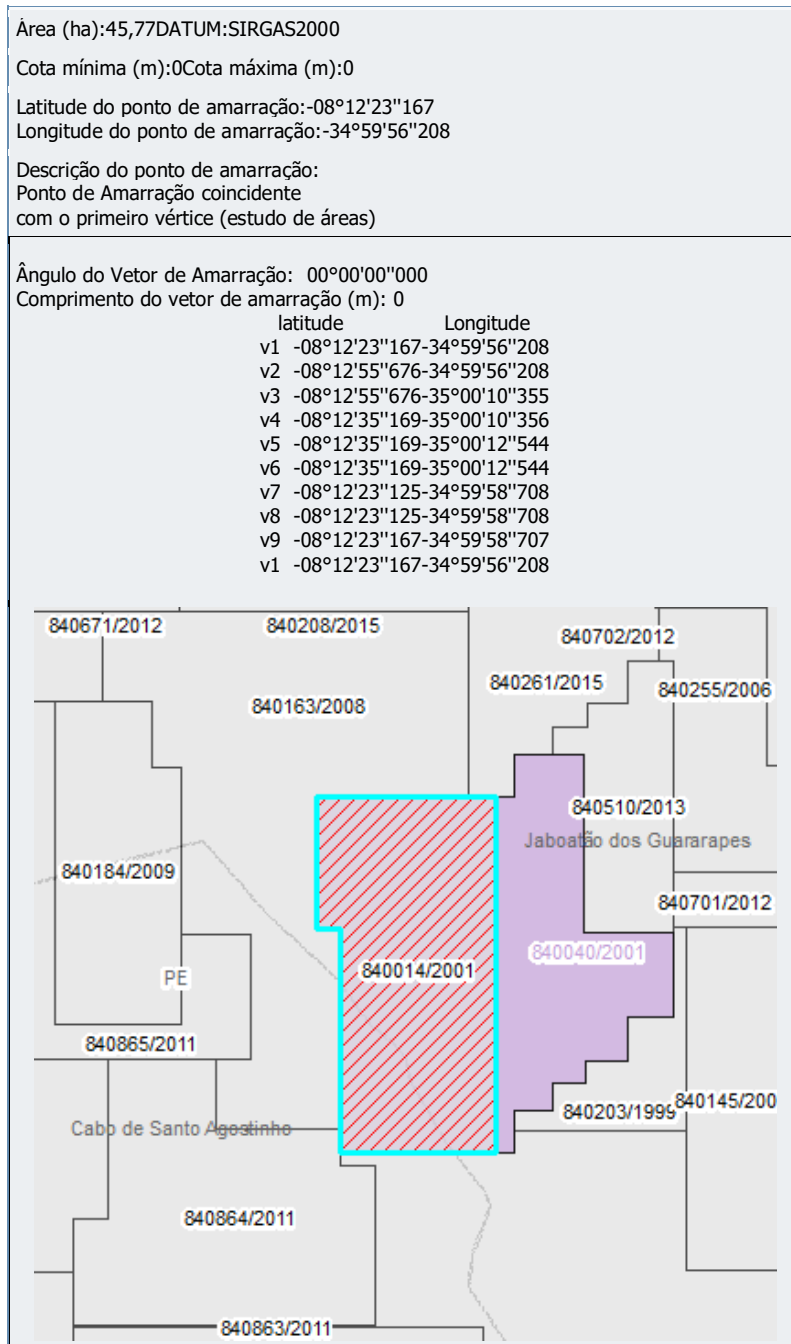


Figura 1 – Área Minerária -Adaptada de (DNPM, 2015)

- Área no entorno do furo de sonda (furo n° 10). Observa-se que a pesquisa é abrangente a duas áreas minerárias contíguas de propriedade superficial comum. - fig. 2;

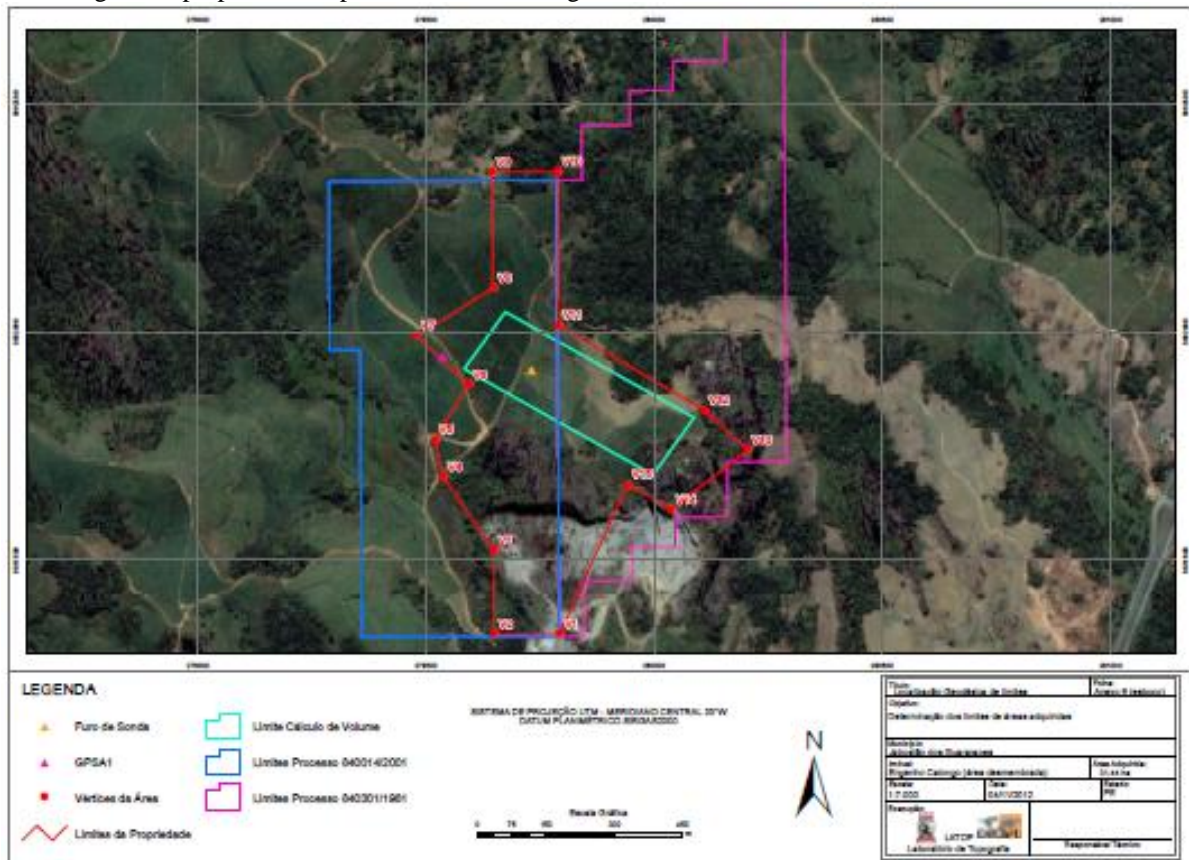


Figura 2 – Área do ensaio (verde), áreas minerárias (azul e rosa), área superficial (imóvel rural em vermelho) e a marca triangular (cor laranja) é a posição do furo de sonda rotativa.

- estação de referência de precisão – GPS-A1-, medidos com receptor geodésico a partir da RBMC, conforme (GALDINO, 2006). Foi utilizado para densificação dos pontos da pesquisa sobre a área – fig. 3 - Localizada, na área frontal do escritório de mineradora Aurora – Jaboatão dos Guararapes – PE;



Figura 3 – Estação de Referência

SISTEMA DE REFERÊNCIA									
SGB SIRGAS2000 WGS-84									
Ponto	Coordenadas								
	Latitude			Longitude			UTM		
“ “	Grau	Minuto	Segundo	Grau	Minuto	Segundo	h (m)	E (m)	N(m)
GPSA1	8	12	35,73192	35	0	4,54759	57,319	279534,024	9091944,449

-A área de pesquisa e a distribuição dos pontos de furos de rock drill. A partir da localização do furo da sonda rotativa, efetuou-se o reconhecimento de campo no entorno da área e planejou-se efetuar alguns furos de rock drill

adequadamente distribuídos de tal maneira que verticalmente atingisse o corpo de minério. Assim, foi delimitada a área e em seu interior distribuiu-se 20 pontos. Figura 4.

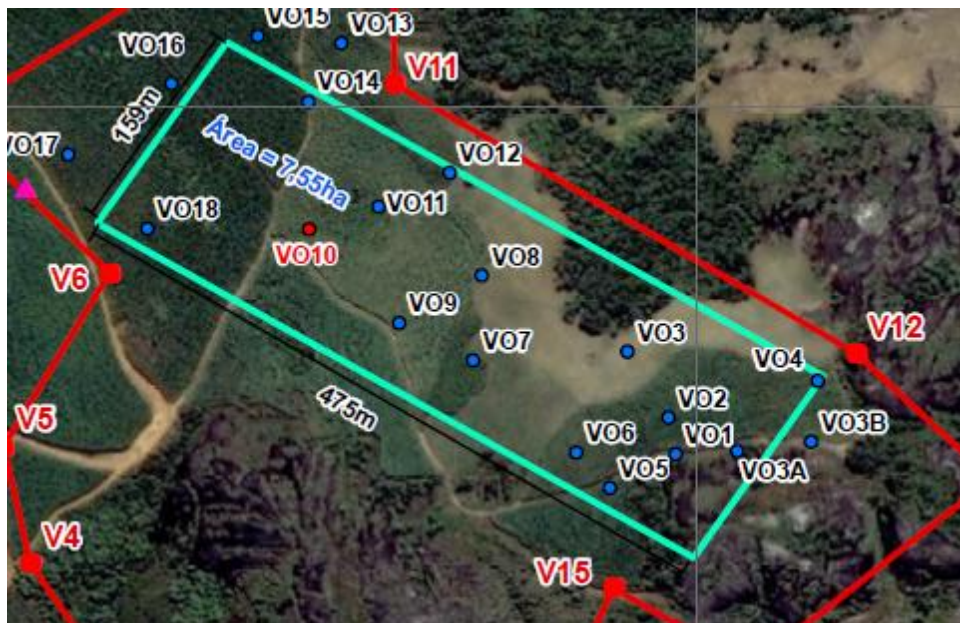


Figura 4 – Polígono de pesquisa e a distribuição dos furos de rock drill e sonda rotativa

O furo da sonda rotativa foi de 80 (oitenta) metros de profundidade, disponibilizando testemunho de 2". No testemunho furo do ponto V010, identificou-se cobertura vegetal, solo, argila e o bloco mineral (rocha silicática), pesquisou-se o potencial de minério da região no entorno desse furo. Foi definido como área de pesquisa, um quadrilátero de pouco mais de 7,5 hectares e 20 furos de rock drill, adequadamente distribuídos na área minerária e na propriedade rural pertencente mineradora.

#### Características da região pesquisada:

- **área quadrangular**, desenvolvida no sentido longitudinal sudeste – **Dimensões:**

$$A = 159 \text{ m} \times 475 \text{ m} = 75.525,00 \text{ m}^2 \approx 7,55 \text{ ha}$$

COORDENADAS DO POLIGONO DE PESQUISA				
SIRGAS2000				
Ponto	E(m)	N(m)	h(m)	H(m) N* = - 4,82
P1	279673,734	9092044,385	60,0	64,82
P2	280087,716	9091812,566	95,3	100,12
P3	279997,679	9091686,838	94,4	99,22
P4	279583,554	9091919,201	55,0	59,82

H = h - N; N = ondulação geoidal – SIRGAS2000 – \*ver 3.2.5 c)

#### - Furo de sonda rotativa – Características:

- denominado de furo 10.
- Profundidade: 80 metros;
- bitola do furo: 4";
- perfil do material testemunho:
  - 9 metros de argila;
  - 71 metros de rocha (sem vazar o bloco rochoso);
- materializado com marco identificador em concreto.

#### - Coordenadas do furo sonda rotativa (testemunho)



COORDENADAS DO FURO DE SONDA ROTATIVA						
SIRGAS2000						
furo	E(m)	N(m)	Alt. Elipsoidal. h(m)	Alt. ORTOMÉTRICA H(m)	Prof. do furo (m)	Alt. Elips. Bloco rocha h(m)
VO10	279.730,724	9.091.914,576	54,83	58,65	9,0	45,828

**- Furos de Rock Drill – Características:**

- 19 pontos – identificados por: V01, V02.... ... V18; e V3A e V3B (Figura 4 – retro);
- bitola 3”;
- perfil do material (sem testemunho) – argila até o contato com o bloco rochoso;
- materializados com as respectivas identificações.

**- Coordenadas do campo de pontos pesquisado**

As medições foram efetuadas de acordo com a distribuição dos pontos e da área experimental delimitada.

Após as perfurações de cada ponto com o rock drill, mediu-se a profundidade entre a superfície física e a superfície de contato do minério. Efetuou-se a listagem dos valores correspondentes às coordenadas de cada furo e da sua respectiva altura elipsoidal “h”. Desta foi subtraída o valor da profundidade do furo até o contato com a rocha. (coluna “nova cota” abaixo).

**COORDENADAS DOS FUROS DE SONDA EFETUADOS COM O ROCK DRILL**

Pontos Furos de Sondagem rock drill						
SIRGAS2000						
Ponto	E(m)	N(m)	h(m)	PROFUNDIDADE (m)	NOVA COTA (m)	OBSERVAÇÃO
VO1	279985,196	9091758,338	95,969	3,0	92,969	
VO2	279980,189	9091783,703	93,179	7,5	85,679	
VO3	279952,036	9091829,501	80,387	0,0	80,387	
VO3A	280028,248	9091760,303	97,549	0,0	97,549	AFLORADO
VO3B	280079,361	9091767,126	97,239	0,0	97,239	AFLORADO
VO4	280083,742	9091809,399	96,272	8,0	88,272	
VO5	279939,701	9091734,926	94,126	5,5	89,626	
VO6	279916,212	9091759,638	90,964	3,5	87,464	
VO7	279844,896	9091823,492	75,645	9,0	66,645	
VO8	279850,769	9091882,232	70,369	23,0	47,369	
VO9	279793,28	9091849,428	65,985	4,0	58,985	
VO10	279730,724	9091914,576	54,828	9,0	45,828	SONDAGEM PESQUISA
VO11	279779,167	9091930,278	60,421	19,0	41,421	
VO12	279828,313	9091953,258	63,27	26,0	37,27	
VO13	279753,073	9092043,266	61,846	11,0	50,846	
VO14	279730,44	9092002,886	58,448	24,0	34,448	
VO15	279695,351	9092048,628	61,094	16,0	45,094	
VO16	279635,556	9092015,416	56,685	12,0	44,685	
VO17	279563,692	9091966,311	56,877	13,0	43,877	
VO18	279618,747	9091915,119	54,924	3,0	51,924	

**3.2 – Cálculos dos volumes da argila (material estéril) e rocha silicática (minério)**

Para tal fim foi considerado dois métodos do cálculo, por **seções transversais (longitudinais)** e por **consecução de curvas de nível**.

Justifica-se o procedimento devido à pequena quantidade de pontos sondados com as cotas da superfície e de profundidade, consequência do alto custos da execução dos furos de rock drill.

Utilizando a hipótese de que a discrepância entre os dois métodos seja melhor que 95% de confiança, caracterizam uma diferença menor que 5% entre os valores volumétricos calculados por cada método (Parma e Galdino, 2002).

### 3.2.1 – pelo método das seções longitudinais.

O quadrilátero de pesquisa tem lados de 159 metros por 475 metros, elegeram-se quatro seções equidistantes de 53 metros por 475 m de comprimento. Figura 5.

#### Quadrilátero de pesquisa volumétrica por seções longitudinais:



Figura 5 – quadrilátero e seções longitudinais da pesquisa

Assim, foram elaborados quatro gráficos (Cota x Distância) e lançadas, para cada comprimento de 50 metros no sentido longitudinal respectiva altura elipsoidal “h”, gerando assim uma curva de superfície C1(vermelha). E, para os mesmos pontos foram lançadas as respectivas cotas de profundidade, gerando uma curva C2 (preta) correspondente ao contato com o bloco de minério.

Integrando separadamente essas duas curvas desde a distância  $d = 0$  até  $d = 475$  m, para C1 e C2, da cota 28 metros (correspondente ao nível inferior da determinação do volume) até cota 105 metros (mais elevada do quadrilátero de pesquisa), obteve-se:

Seja

$AA_i$  = área em  $m^2$  da seção de argila do gráfico  $i$ ;

$AM_i$  = área em  $m^2$  da seção de minério do gráfico  $i$ ;

$i$  é o número de seções variando de 1 até 4;

$d$  = distância de 53 metros entre cada seção;

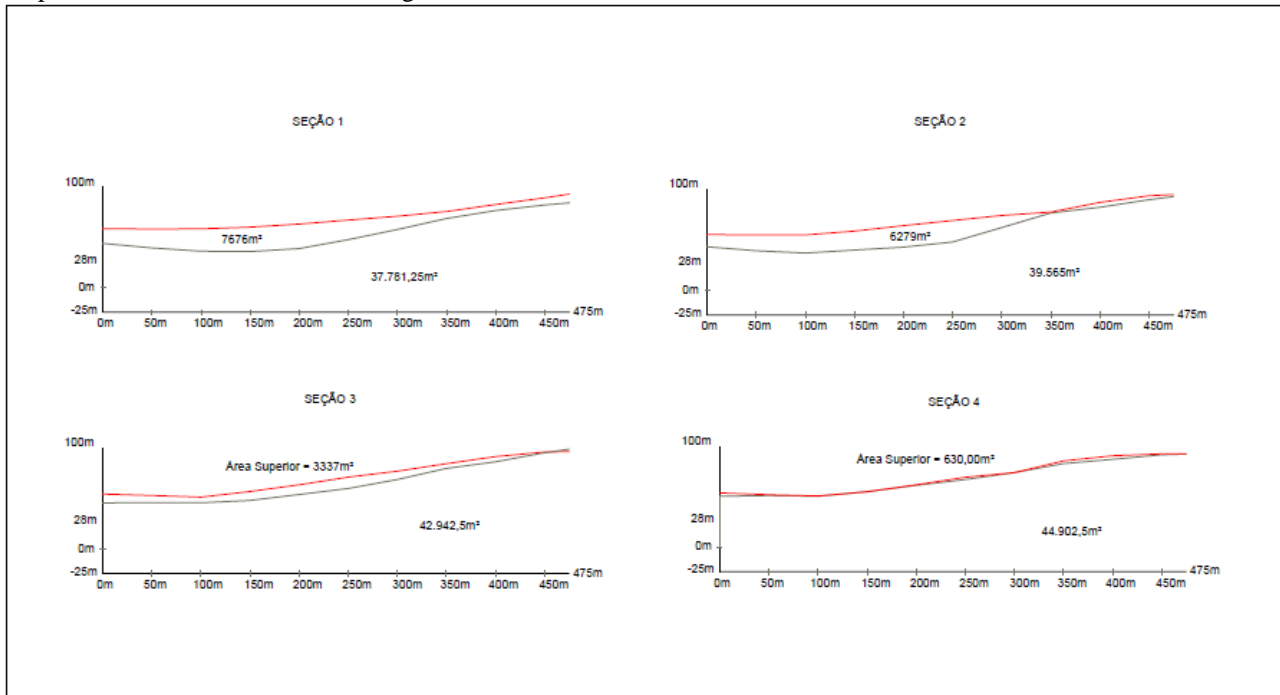
$VA_i$  = volume parcial de argila entre duas seções consecutivas,  $i$  variando até  $n-1$  seções;

$VM_i$  = volume parcial de minério entre duas seções consecutivas,  $i$  variando até  $n-1$  seções;

Assim:

$$VA_t = \sum VA_i \quad \text{e} \quad VM_t = \sum VM_i$$

Respectivamente volumes totais de argila e minério.



#### Para Argila:

Obtido através da subtração da área da seção superficial com o nível 28 menos área da seção do nível do bloco de minério, também com o nível 28;

$$VA_1 = [(AA_1 + AA_2)/2] \times d = 369.807,5 \text{ m}^3$$

$$VA_2 = [(AA_2 + AA_3)/2] \times d = 254.824,0 \text{ m}^3$$

$$VA_3 = [(AA_3 + AA_4)/2] \times d = 105.125,5 \text{ m}^3$$

$$VA_t = \Sigma VA_i = 729.757,0 \text{ m}^3$$

#### Para minério:

Obtido através do cálculo do nível superior do corpo de minério ao nível mais baixo 28 m.

$$VM_1 = [(AM_1 + AM_2)/2] \times d = 715.394,0 \text{ m}^3$$

$$VM_2 = [(AM_2 + AM_3)/2] \times d = 852.770,0 \text{ m}^3$$

$$VM_3 = [(AM_3 + AM_4)/2] \times d = 994.200,5 \text{ m}^3$$

$$VM_t = \Sigma VM_i = 2.562.364,5 \text{ m}^3$$

#### 3.2.2 – pelo método da consecução de curvas de nível.

É um método usado nos algoritmos de cálculo computacional, o princípio é o mesmo que o método das seções, neste caso considera-se a média das áreas de duas curvas consecutivas multiplicada pela sua equidistância.

Assim, utilizando o software Arcgis, obtiveram-se os seguintes resultados:

Para área superficial de argila até o corpo de minério:



(volume gerado pelas curvas de nível da superfície subtraído do volume gerado pelas curvas de nível do bloco de minério até o nível inferior 28 metros)

**ARGILA:**  $VA = 708.868,0 \text{ m}^3$

E para a área da superfície superior do bloco de minério até o nível 28m:

**MINÉRIO :**  $VM = 2.604.185,1 \text{ m}^3$

### 3.2.3 – Cálculo do volume médio

Considerando a hipótese de aceitação com 95% de confiança, as discrepâncias entre os dois métodos foram as seguintes:

- **Volume de argila** por seções longitudinais:  $VA = 729.757,0 \text{ m}^3$   
**Volume de argila** por curvas de nível:  $VA = 708.868,0 \text{ m}^3$   
 Diferença de:  $\Delta VA = 20.889,0 \text{ m}^3$

Correspondente a **2,94%** pelo método das seções em relação ao método das curvas de nível.

- **Volume de rocha** por seções longitudinais:  $VM = 2.562.364,5 \text{ m}^3$   
**Volume de rocha** por curvas de nível:  $VM = 2.604.185,1 \text{ m}^3$   
 Diferença de:  $\Delta VM = - 41.820,6 \text{ m}^3$

Correspondendo ao percentual de **1,63%** pelo método das seções em relação ao método das curvas de nível.

Conclui-se que a distribuição dos pontos sobre a área pesquisada atendeu hipótese com aceitação melhor que 95% de confiança.

Os volumes estimados por ambos os métodos apresentou discrepância melhor que 3%.

Para o volume de argila, melhor que 3%, sob essa condição elegeu-se **a média entre os dois métodos**. Assim, o valor médio para o volume de argila é:

<p>Volume médio da ARGILA = <math>719.312,5 \text{ m}^3</math>          (± 2% entre os métodos)</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Para o volume rochoso, melhor que 2%, sob as mesmas condições acima, elegeu-se a média entre ambos, logo o volume de rocha considerando a superfície mineral até o nível +28 é de:

<p>Volume médio da ROCHA<sub>+28m</sub> = <math>2.583.274,8 \text{ m}^3</math>          (± 2% entre os métodos)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3.2.4 – Cálculo do volume de minério considerando o nível -25m.

Considerando os limites da área pesquisada, o furo de sonda que atingiu o nível -25 e as profundidades dos furos de rock até atingir a superfície do bloco de rocha, efetuou-se os cálculos dos volumes pelos dois métodos (por seções e por curvas de nível), fez-se a média e definiu-se esta como o volume medido do corpo de minério da superfície do bloco na área de pesquisa até o nível -25m. Assim:

- Por **seções longitudinais** tem-se:

$$V1 = ((A1+A2)/2) \times 53 = 2.049.675,625 \text{ m}^3$$

$$V2 = ((A2+A3)/2) \times 53 = 2.186.448,750 \text{ m}^3$$

$$V3 = ((A3+A4)/2) \times 53 = \underline{2.327.892,500 \text{ m}^3}$$

$$Vt_{-25} = \underline{\underline{6.564.016,900 \text{ m}^3}}$$

- Por **consecução de curvas** de nível tem-se:

Utilizando o **software Arcgis** obteve-se o seguinte resultado:

$$V_{t.25} = 6.608.631,4 \text{ m}^3.$$

**Valor final tem-se:**

<p>média dos valores acima:  <math>V_{f.25} = 6.586.324 \text{ m}^3</math></p>
------------------------------------------------------------------------------------

#### 4 CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES

a) A relação entre o volume total, desde a superfície física até o nível -25 m, com o volume de material estéril, indica:

$$\text{Volume de Material} = 7.305.636,5 = 100\% \quad (6.586.324 \text{ m}^3 + 719.312,5 \text{ m}^3)$$

$$\text{Volume de estéril} = 719.312,5 \text{ m}^3 = 9,85 \% \text{ do volume de material.}$$

A relação **minério x estéril** mostra-se economicamente viável ao nível de 10%.

b) A relação entre o volume total, desde a superfície física até o nível +28 m, com o volume de material estéril, indica:

$$\text{Volume de Material} = 3.302.587,3 = 100\% \quad (2.583.274,8 \text{ m}^3 + 719.312,5 \text{ m}^3)$$

$$\text{Volume de estéril} = 719.312,5 \text{ m}^3 = 21,78\% \text{ do volume de material até o nível +28.}$$

A relação **minério x estéril** mostra-se viável economicamente ao nível de 22%.

c) As considerações relativas à viabilidade econômica do volume mineral até o nível - 25 m.

Deve-se ficar atento a altitude ortométrica H que é a distância vertical relativamente ao nível médio do mar. Como a ondulação geoidal N (SIRGAS 2000) na localidade é de N = -4,82 m (IBGE, 2015), essa altitude ortométrica é:

$$H = h - N \therefore H = -25 - (-4,82) \rightarrow H = - 20,18\text{m} \pm 0,5\text{m}$$

Onde:

**h** = **altitude elipsoidal**(distância entre a sup. física à sup. elipsoidal, normal ao elipsóide; fornecido pelo GNSS ~ SIRGAS2000);

**H** = **altitude Ortométrica**(distância vertical da superfície física ao nível médio do mar de referência – SGB - IBGE);

**N** = **ondulação Geoidal**(distância normal entre o elipsóide – SIRGAS2000 - e geóide; sup. geoidal acima da sup. elipsoidal)

Considerando o corpo de minério cujo furo de sonda atingiu 20 metros abaixo do nível do mar e a extrapolação para respectiva área pesquisada, recomenda-se que sejam observadas **outras variáveis influentes** para composição de custos operacionais e finais de extração mineral, bem como valor de mercado quando da decisão de explorar o minério nessa condição de altitude.

O estudo mostrou que a engenharia cartográfica apoiada pela multidisciplinaridade e por profissionais de outras áreas, com equipamentos estranhos ao mundo da engenharia de mensura, pode-se executar projetos com nível de produção e de qualidade técnica economicamente exequível. Pode-se obter, definir e gerenciar projetos inovadores, de baixo custo e dando apoio às tomadas de decisões dirigidas a produção, economia e administração, neste caso, o minério.

#### 4.1 Outros

*As tabelas, plantas, quadros demonstrativos e anexos, bem como o respectivo texto, são partes integrantes deste estudo e formam um documento único para análise, interpretação e conclusões.*

*Considerar que o produto final original, está constituído de seis anexos em .pdf, em escala para papel tamanho A3. neste artigo se inseriu parte dessas plantas como figuras.*

## REFERÊNCIAS

DNPM - Processo 840014-2001. Disponível em:

<https://sistemas.dnrm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/dadosProcesso.aspx> Acesso: 21 de junho 2016.

GALDINO, C. A. P. M. *Cadastro de Parcelas Territoriais Vinculado ao Sistema de Referência Geocêntrico – SIRGAS2000*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil – Área de Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão do Território. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC. 2006. 215p. [www.ufsc.gov.br](http://www.ufsc.gov.br).

GEMAEL, C. *Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas*. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p.

PARMA, G. C; GALDINO C. A. P. M; PHILIPS, J. *Propagação de erros nos Levantamentos Cadastrais*. Florianópolis – 2002 *Anais COBRAC-2002*

VANICEK, P; KRAKIWSKY. E. *GEODESY, The Concepts*. North-Holland. 2<sup>a</sup> ed. Elsevier Science Publishers B. V. P. O. Box 1991, 1000 BZ Amsterdam, The Netherlands. p. 508. 1986.