

# CRITÉRIOS PARA CORREÇÃO PLANIMÉTRICA E ALTIMÉTRICA DE MAPAS RESTITUIDOS A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AÉREAS EM ESCALA 1:100000

Francisco A. Dupas  
Mineração Taboca S.A. - Grupo Paranapanema  
Rua Darcy Vargas, 734 - Parque Dez  
69000 Manaus AM.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar um método simples para correção de escala de cartas em curva de nível, restituídas de fotografias aéreas, em escala aproximada de 1:100000, e, utilizadas no planejamento de infra-estrutura da mina Pitinga, localizada a 250 km ao Norte de Manaus (AM-Brasil) e de relevo moderadamente acidentado.

Através de destaques do relevo e pontos geodésicos, são executados levantamentos topográficos para determinação da escala em Leste e Norte da carta restituída, que posteriormente poderá ser ampliada ou reduzida.

Com área corrigida de 3000 km<sup>2</sup>, os mapas de drenagens já estão em uso há três anos, onde demonstraram precisão suficiente para o planejamento geral da mina. Para o traçado das curvas de nível será usado *microcomputador e plotter*, sendo o original do programa na linguagem Fortran e adaptado para Basic por Cintra (1984).

## ABSTRACT

The aim of this work is to introduce a simple method for correcting the scale of level curve charts restituted from air photographs in a 1:100000 approximate scale used for planning the Pitinga mine facilities. The mine is located some 250 kms north of Manaus (AM-Brazil) and the region displays moderately undulated relief.

Through prominences of the relief and geodesic points, topographic surveys are carried out so as to allow the determination of the east and north scale of the restituted chart, that later may be amplified or reduced.

With a corrected area of 3000 km<sup>2</sup>, the drainage maps have already been in use for three years and have demonstrated sufficient precision for the general planning of the mine. To trace the level curves we shall use a *micro-computer and a plotter*, being the original program in Fortran and adapted to Basic by Cintra (1984).

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho, desenvolvido na mina Pitinga, que tem como atividade principal a mineração aluvionar de cassiterita dentre outros minérios, propõe expor um método simples que apresenta bons resultados quando utilizado como fonte de informações cartográficas básicas aplicadas ao planejamento de obras de porte na Amazônia, onde muitas vezes, são feitas restituições aerofotogramétricas sem pontos de controle de quadriculas UTM.

O objetivo principal é expor por etapas, a mecânica e os conceitos básicos do método de correção, que utiliza no mínimo um (01) ponto geodésico para controle de escala das cartas. Inicia-se com a restituição das fotografias aéreas em escala 1:100.000 até o produto final corrigido em escala 1:25.000.

Além da correção planimétrica, há

também opção para substituir de maneira rápida a referência de nível das cartas de forma a transformá-las em referência verdadeira por meio de levantamento topográfico a pontos pré-estabelecidos.

## 2. MAPAS EM CURVAS DE NÍVEL OBTIDOS DA RESTITUIÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS EM ESCALA APROXIMADA DE 1:100.000

Toda vez em que é utilizado o processo de tomada de medidas com pares de fotografias aéreas, a escala verdadeira deverá estar sustentada por uma rede de pontos de apoio terrestre. Na medida do possível deverá ser comparada com uma carta topográfica, caso contrário as diferenças de escala para o relevo podem ultrapassar 20% em comparação com a escala base, e portanto, recorrendo perigosamente a falsas conclusões.

Na obtenção de escala verdadeira

com auxílio de pontos terrestres, o valor deduzido pode ser fracionário; não há problema, desde que se efetue o cálculo com este valor e não com a escala nominal, sempre indicada como aproximada.

## 2.1 TIPO DE RESTITUIDOR, MÉTODO E QUALIDADE DO PRODUTO.

Foi utilizado restituidor analítico de marca Wild-B8S - método radial.

Adotou-se referência de nível arbitrária para construção das curvas de nível. As escalas em que os mapas foram construídos é de aproximadamente 1:25000, e não foi possível tomá-la como correta devido a deslocamentos planimétricos verificados nas drenagens. Abordaremos o assunto com maiores detalhes no item 3.

De maneira geral, nesta etapa do trabalho, o mapa em escala aproximada é de grande utilidade para identificação de drenagens e caracterização de elevações, etc, necessários para o estudo de áreas para deposição de rejeitos das frentes de lavra, como também, em anteprojetos para construção de estradas.

## 3. ESCALA E METODOLOGIA DE CORREÇÃO DOS MAPAS RESTITUIDOS

Os mapas de curvas de nível são sete (07), divididos em cinco (05) setores A, B, C, D e E, para correção-figura 1 e 2.

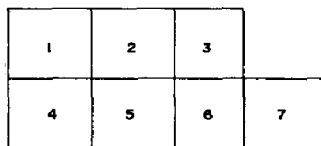


fig. 1 - distribuição dos mapas

A divisão em setores foi adotada apenas para facilitar a organização dos dados. O critério estabeleceu-se em função das distâncias entre os pontos geodésicos. O setor A, que contém os pontos geodésicos 4 e 5, foi escolhido para exemplificar o método.

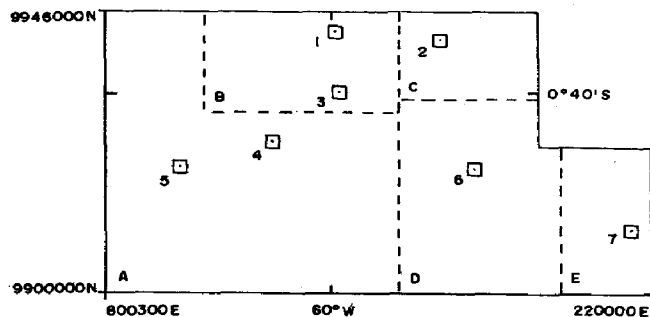


fig. 2 - distribuição espacial dos setores e pontos geodésicos-escala 1:1.000.000

Para determinar a escala de cada setor, durante a reambulação estabeleceu-se um itinerário para levantamento topográfico plani-altimétrico a elementos de destaque do relevo, como confluência de rios, igarapês etc, partindo dos pontos geodésicos.

## 3.1 ESCALA

No mapa restituído definem-se os elementos de destaques, mostrados na figura 3.

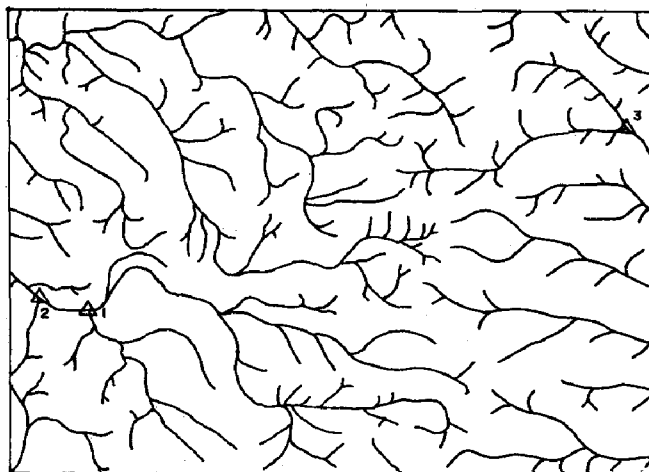


fig. 3 - escala 1:200000 - área pertencente ao setor A (fig. 2) - reprodução a partir do original em curvas de nível em escala aproximada 1:25000

Subdivide-se uma carta em quadriculas UTM com espaçamento de 1000 metros na escala 1:25000, onde serão plotadas as coordenadas dos elementos de destaque definidos pelo levantamento topográfico-figura 4.

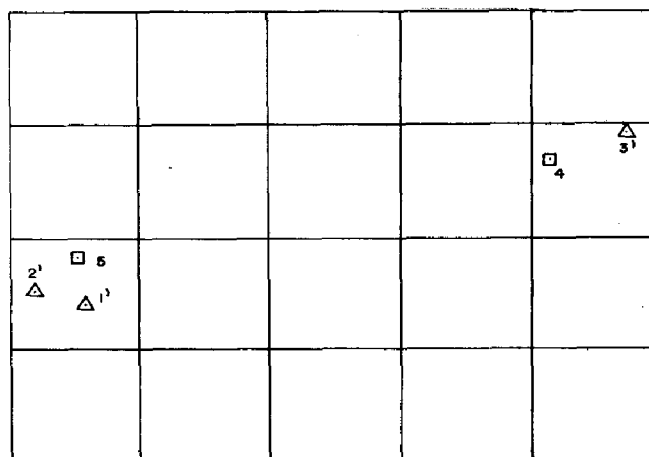


fig. 4 - escala 1:200000 - quadricula UTM com pontos de destaque do relevo e pontos geodésicos - reprodução a partir do original em escala 1:25000

Faz-se a superposição da figura 4

em 3, fixando o ponto 3' a 3 como referência. A escala geral do mapa restituído será dada pela diferença de distância entre os pontos 1' e 1'/2 e 2', deduzida por uma regra de três simples-figura 5.

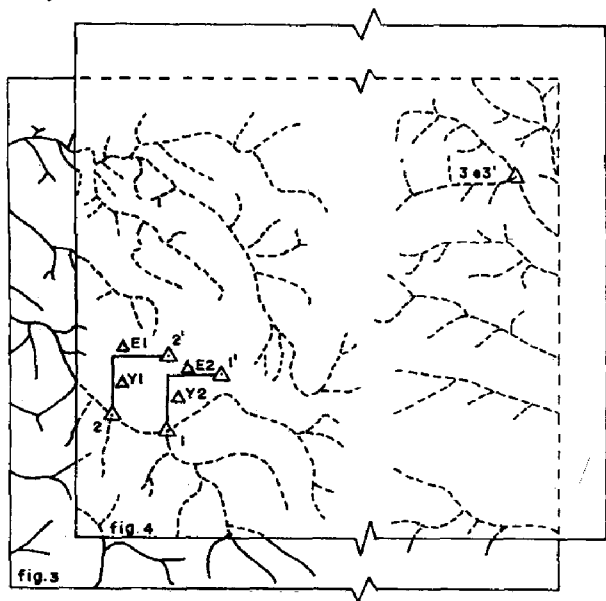


fig. 5 - superposição da fig. 4 e 3.

$$Y \text{ ————— } T \quad (1)$$

$$100 \text{ cm ————— } X$$

Y - distância em centímetros - 2 e 3/3'  
 T - distância em metros - 2' e 3/3'  
 X - escala desejada do mapa restituído

Calculada a média das escalas para os pontos 1 e 2 obtivemos para leste 1:24448,6 e para norte 1:22967,8.

Teoricamente,  $\Delta E1 = \Delta E2$  e  $\Delta N1 = \Delta N2$  para todos os pontos da superposição, mas devido a variações de escala do mapa restituído não é possível que as medidas sejam consideradas precisas - veja item 3.1.1.

### 3.1.1. PRECISÃO DAS ESCALAS EM NORTE E LESTE

Devido às variações de escala na interpretação das drenagens das cartas restituídas, as medidas tomadas serão constantemente diferentes e, em consequência, a escala desejada em Norte e Leste sofrerá variações. Portanto, uma forma de minimizar esta diferença será utilizar vários pontos de destaque do relevo levantados topograficamente, o que certamente aumentará a representatividade da escala final-figura 6.

De posse das dez (10) escalas em Leste e Norte de cada ponto levantado efetuaremos a média aritmética da seguinte forma:

$$X1 = \frac{\Sigma \text{ das escalas em Leste}}{Y} \quad (2)$$

$$X2 = \frac{\Sigma \text{ das escalas em Norte}}{Y} \quad (3)$$

Y — número de pontos coordenados  
 X1 — média das escalas em Leste  
 X2 — média das escalas em Norte

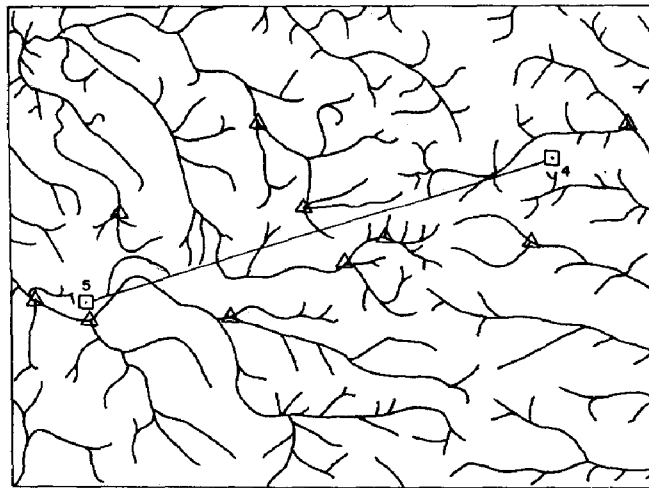


fig. 6 - esquema de levantamento dos pontos de interesse.

### 3.2. METODOLOGIA DE CORREÇÃO PLANIMÉTRICA

Com a média das escalas em Norte e Leste poderemos iniciar o processo propriamente dito. Em função de cada escala é calculado o tamanho de cada quadricula, que é lançada no mapa restituído utilizando como referência as coordenadas dos pontos de destaque do relevo-figura 7.

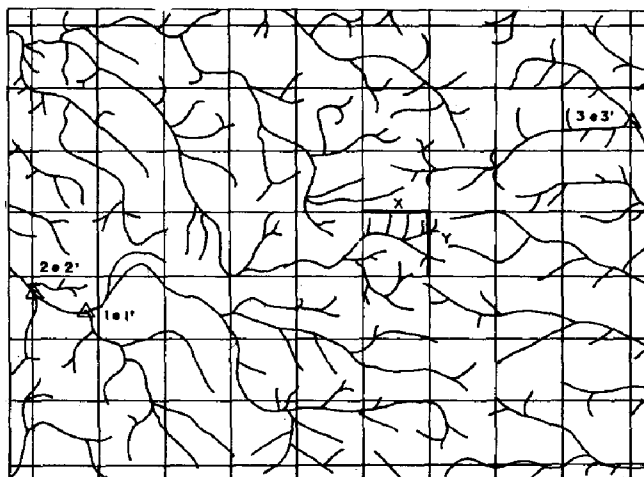


fig. 7 - X e Y são os valores definidos pela fórmula para o tamanho da quadricula Leste e Norte, respectivamente.

O tamanho de cada quadricula será definido pela seguinte relação:

$$a = \frac{b}{d} \times c \quad (4)$$

a - tamanho da quadricula em centímetros.

- b - tamanho da quadricula em centímetros na escala base-figura 4.
- c - escala base-figura 4.
- d - escala obtida por Norte e Leste resultado do item 3.1.

### 3.3. METODOLOGIA DE CORREÇÃO ALTIMÉTRICA.

Para definir a referência de nível verdadeira, extrapola-se para os pontos cotados arbitrariamente, a diferença alométrica entre as cotas obtidas pelo levantamento topográfico e as cotas arbitrárias das cartas restituídas na primeira etapa.

Da mesma forma que na correção planimétrica, quanto maior o número de pontos checados, maior será a representatividade da média obtida na diferença entre cota verdadeira e arbitrária, dentro da precisão das cotas oferecidas pelos diversos processos existentes (barométricos, pontos geodésicos, etc).

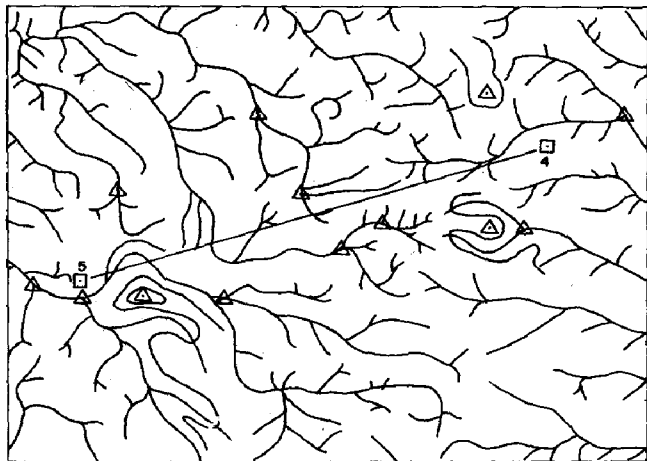


fig. 8 - pontos de controle altimétrico e pontos geodésicos 4 e 5.

### 3.4 FINALIZAÇÃO - MODIFICAÇÃO MANUAL DA ESCALA

A carta corrigida será composta através do mapa restituído em quadricula obtido no item 3.2 - figura 7, e do mapa do item 3.1 - figura 4. De posse dos dois mapas a transformação torna-se imediata. Exemplo de transformação figura 9 e 10.

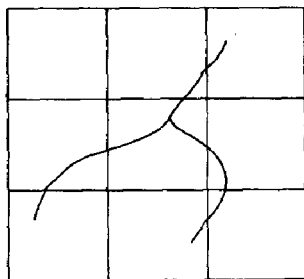


fig. 9

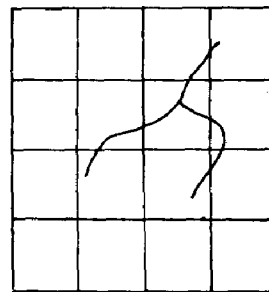


fig. 10

Foram corrigidos aproximadamente 3000 km<sup>2</sup> de cartas, mas pela falta de levantamento topográfico, a destaque do relevo mais distantes (fig. 2 - norte, sul e sudoeste do setor A e sul do setor D), supõe-se que ocorra distorções devido a baixa concentração de pontos geodésicos devidamente localizados.

### 4. CONCLUSÕES

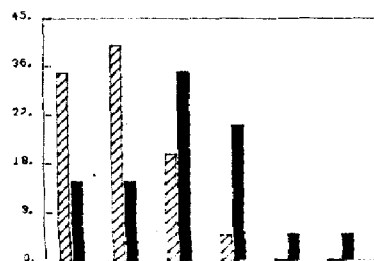
Apesar de manual, o método apresenta resultados satisfatórios. As cartas estão sendo utilizadas no planejamento geral da mina Pitinga, como também em áreas de lavra, construção de linhas de alta-tensão, projetos de estradas, áreas industriais, barragens e também em mapeamento e prospecção geológica, visando a construção de cartas corocromáticas de áreas mineralizadas.

Após três anos da implantação do trabalho, e muitos dados coletados em campo, foi feito comparativo entre os mapas corrigidos e os mapas confeccionados com dados reais, através das diferenças em leste e norte das coordenadas dos pontos de maior e menor destaque do relevo.

TABELA 1

(1) 2,5 < I ≤ 10 km (2) I ≤ 2,5 km

INTERVALO DAS DIFERENÇAS (m)	DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA			
	NÚMERO DE DRENAGENS		%	
$\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$	(1)	(2)	(1)	(2)
0-50	7	3	35	15
50-100	8	3	40	15
100-150	4	7	20	35
150-200	1	5	5	25
200-250	-	1	-	5
>250	-	1	-	5
TOTAL DE PONTOS	20	20	100	100



As coordenadas subtraídas uma das outras em leste e norte, classificadas conforme o valor de sua diferença absoluta, estão na coluna denominada de *intervalo das diferenças*. Para os igarapés de comprimento  $2,5 < I \leq 10$  km utiliza-se a coluna 1, e para  $I \leq 2,5$  km a coluna 2 - tabela 1.

Desta forma pode-se saber qual o grau de confiança oferecido pelo método de correção para dois tipos distintos de drenagem, em função da sua representatividade na carta. Nas drenagens menores de 2,5 km de comprimento foi encontrada a maior concentração de diferenças, resultando então uma maior confiabilidade na carta para drenagens de comprimento superior a 2,5 km.

No sentido transversal às drenagens, as maiores diferenças estão por conta de pequenos deslocamentos durante a interpretação dos fundos de vale, porém, perfeitamente aceitáveis.

Como fator ponderativo, a escala da fotografia influi diretamente na resolução da carta. Por isso, quanto maior a escala da fotografia, melhor será o mapa restituído e, conseqüentemente, a carta corrigida.

O custo por carta corrigida ficou em torno de Cz\$ 700,00, com apenas dois pontos de controle, sem considerar em cargos sociais e benefícios. Caso seja necessário o aumento de pontos para melhoria da precisão, deverá ser acrescido o custo dos levantamentos topográficos adicionais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, para pequenas áreas a serem corrigidas, as curvas e as drenagens poderão ser reconstituídas manualmente como demonstra este trabalho. Caso contrário, devido a soma de grandes áreas, a utilização de sistemas computacionais torna-se mais racional.

Dos diversos sistemas hoje em utilização, o que obteve melhores resultados foi o método de Akima (1978), denominado *Método de Interpolação Bivariada e Ajuste de uma Superfície Suave para Pontos Distribuídos Irregularmente*.

Após as sensíveis modificações introduzidas por Cintra (1984), está sendo possibilitada a sua utilização em microcomputadores, melhorando a sua resolução e eficiência. O método vale-se de um modelo digital do terreno e adoção de malha triangular definida por *polinômios de quinto grau*.

Em virtude de sua extrema rapidez e redução de custo, foi viabilizada a utilização deste processo na construção

de mapas de frente de lavra, como também há previsão para reconstituição de todos os sete mapas corrigidos para escala 1:25.000.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLUN, J.A.E. *Fotogeologia y cartografia por zonas*, 1978
- CINTRA, J.P. *Contribuições ao estudo de Representação de Superfícies com Auxílio do Computador, Tese de Doutorado Apresenta a Escola Politécnica da USP*, 1984
- LEVALLOIS, J.J. *Géodésie Générale, tomo II*, 1970.
- LIBAULT, A. *Geocartografia, 1*: 31-54, 1974
- SADOSKI, *Cálculo Numérico e Gráfico*, 85-225, 1980.