

IMAGENS DE SATÉLITE: DUAS SOLUÇÕES CARTOGRÁFICAS

J.M.Guimarães, P.M.L. de Menezes e A. Benedetti

Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - 1ª DL

Rua Cleveland S/Nº - Morro Santa Tereza - 90000 Porto Alegre RS

RESUMO

O objeto do trabalho é apresentar uma metodologia de emprego de imagens Landsat na confecção de cartas na escala em 1/250.000. Na 1ª parte do trabalho são feitas considerações matemáticas referenciando a imagem produzida pelo satélite e a superfície terrestre. As expressões desenvolvidas deixam de considerar efeitos de refração atmosférica, variação de altura do satélite, distorção da imagem e variação da oscilação do espelho. Como as correções para esses efeitos, são atualmente inviáveis e considerando a existencia de outras soluções para o aproveitamento das imagens na cartografia, na 2ª parte do trabalho, é desenvolvida uma metodologia que, empregando os canais 5 e 7 para auxiliarem a definição da vegetação, vias de transportes, áreas urbanas, cultura e hidrografia, recomenda a análise e averiguação dos pontos de coordenadas conhecidas para a preparação das Pranchas de Interpretação e das Pranchas de Retificação. Segue-se as etapas seguintes onde é feito uma transformação de imagem através de um Retificador, passando pela interpretação e o lançamento da toponímia.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the methodology of Landsat images to make maps at 1.25.000 scale. In the first part we do mathematics considerations about images that are sent from satellites and about terrain surface, too. The mathematics forms presented here don't consider the atmospheric refraction effects, satellite variation of heigh, images distortions an variation of oscillation of the satellite mirror. As the corretions to this effects are not used in our days and if we consider that there are

another solutions to use the images in Carthographics affair, in second part of this paper is developed a methodology where are used Satellite Channels 5 and 7 to clarify interpretations of forested areas, ways, rivers beds and another terrain details. It makes recommendations to analyze and verify coordinates points necessaries to prepare the sheet of interpretation and the retification's sheet. In the next step is done image's transformatis through a adjustment instrument then are made interpretations of terrain details and finally is prepared the Sheet of topographic names.

I - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Antes de passarmos a um relaciona-
mento geométrico dos parâmetros do Saté-
lite com os da terra é necessário des-
crever esses parâmetros, o que será fei-
to com informações descendo às precis-
ões exigidas pela finalidade de aplica-
bilidade. Em alguns parâmetros do saté-
lite veremos que as precisões não são
suficientes para um mapeamento em esca-
la grande e alguns até em escala médias.

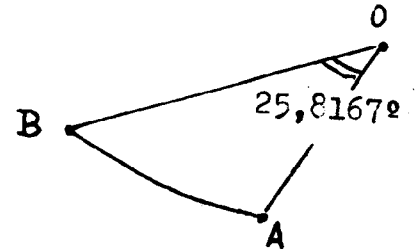
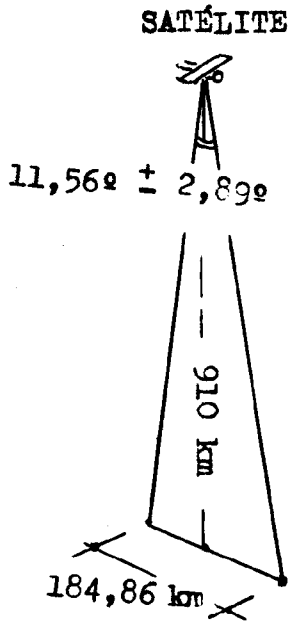
1. DO SATÉLITE

- . Altitude média so-
bre a terra = 910 ± 30 Km;
- . Raio da órbita ao re-
dor da terra(translação) $7\ 290 \pm 30$ Km;
- . Tempo de translação:
103 min e 16 seg = $6\ 180$ seg;
- . Inclinação de órbita
em relação ao eixo da
terra = $99,114^\circ$;
- . Circunferência de uma
translação = $45\ 800 \pm 190$ Km;
- . Velocidade angular de
translação $W_{sa} = 1,0166 \times 10^{-3}$
rd/seg;

- . Tempo de uma varredura com
pleta da superfície da terra $17,95$ dias;
- . Excentricidade da órbita = $0,000\ 6$;
- . Largura da faixa = 185 Km;
- . Número de translação em 17,
95 dias = 251 ;
- . Número de translação em um
dia = 14 ;
- . Cada translação (sa) dista
da seguinte, da sucessiva, me-
dido sobre o equador da ter-
ra = $2\ 760$ Km;
- . No dia seguinte, antes da
15ª translação o cobrimento
de um trecho da terra é mos-
trado nas duas figuras nº 01
e 02:

2. A TERRA

- . Raio do Equador = $6\ 380$ Km;
- . Circunferência do
equador = $4\ 076$ Km;
- . Tempo de Rotação= 23 h 56 min 4 seg
ou $86\ 164$ seg;
- . Velocidade angular
de rotação $W_{te} = 7,292 \times 10^{-5}$ rd/
seg;



AB = 2 760 Km;
AC = 159,4 Km;
medidos no nível da terra.

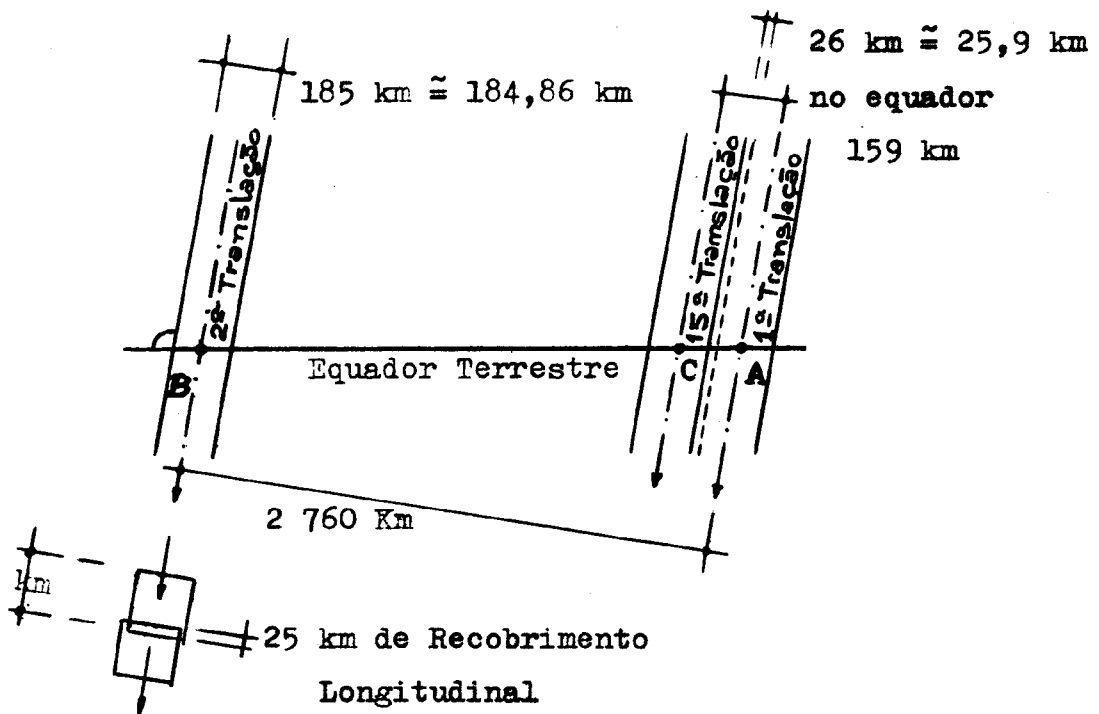
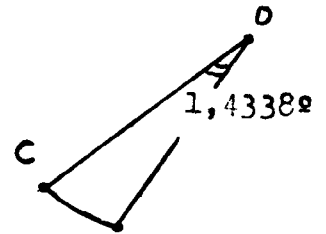
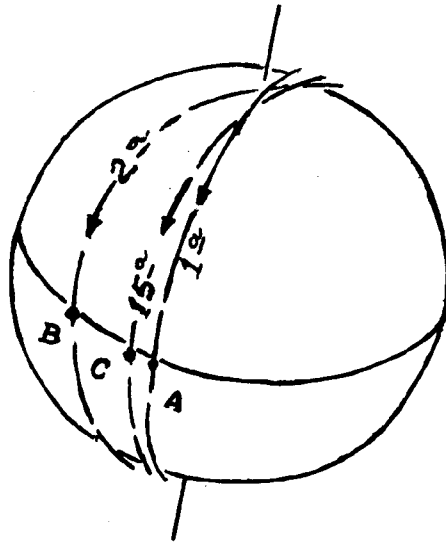


Fig. 1 Posição das Órbitas

II - RELACIONAMENTO MATEMÁTICO

1. SITUAÇÃO GERAL

Na medida em que a terra se desloca de oeste para leste em seu movimento de rotação, o satélite realiza translações em órbitas aproximadamente norte-sul em uma superfície próxima aos 910 Km sobre a superfície da terra. Cada órbita se situa a oeste da anterior. Tal fato pode ser melhor observado nas figuras 1 e 2.

Na figura 1 observa-se a colocação da órbita de nº 15 onde, após quatorze translações completas ao redor da terra, o satélite executa uma rotação pela primeira vez sobre um território a oeste do da 1ª translação. Desse modo, na primeira série de quatorze rotações o satélite não cobriu ou não tomou imagem, de toda a superfície da terra. A segunda série, também de quatorze rotações, se inicia com a de nº 15 junto a órbita nº 1.

As medidas: de 185 Km mostrada como a da largura de uma faixa de imageamento, ou uma varredura; a de 159 Km corresponde a distância entre os eixos centrais de duas faixas contíguas; a de 26 Km de superposição entre duas faixas contíguas; bem como os 2760 Km correspondente a distância entre duas órbitas seguintes; todas estas distâncias são medidas junto ao equador terrestre. Aumentando a latitude da terra todas estas distâncias diminuem como pode ser observado na figura nº 2.

Aqui é conveniente chamar aten-

ção para que se faça distinção entre as expressões "faixas contíguas" e "órbitas seguintes", referidas no parágrafo anterior. Como faixas contíguas deve-se entender o território imageado junto, como por exemplo a faixa da órbita nº 15 é contígua a de nº 1, assim como a 16ª é contígua com a 2ª e a 17ª com a 3ª etc. Entende-se como órbita seguinte, a translação em torno da terra seguinte a anterior em termos de tempo; minutos, segundos etc, ou seja a órbita de nº 9 é seguinte a de nº 8.

2. ELEMENTOS ANGULARES

Posição teórica P_3 , do satélite: não considerando o efeito de rotação terrestre; temos um (P_3) em cada instante definido por:

$\epsilon = 9,114^\circ$: inclinação da órbita do satélite em relação ao eixo terrestre.

ρ = ângulo entre (OP) e (OP_3): sendo (O_1P) pontos definidores do meridiano de referência de uma órbita genérica.

Existe um meridiano para cada órbita e é definido como o que contém ângulo (ϵ) nele (P) está na menor distância de (O_1). Após 14 translações, correspondente a um dia terrestre, a família dos pontos (P) forma um paralelo de latitude ($90^\circ - \epsilon$).

λ = longitude geográfica

3. MATRIZES DE ROTAÇÃO

Considerando a rotação do plano de (ϵ) e de (ρ) pode-se verificar a orientação local do satélite.

As matrizes de rotação apropriada

das são:

$$R_\beta = \begin{vmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}; R_e = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos e & \sin e \\ 0 & -\sin e & \cos e \end{vmatrix}$$

$$R_\rho = \begin{vmatrix} \cos \rho & 0 & \sin \rho \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \rho & 0 & \cos \rho \end{vmatrix}; R_\lambda = \begin{vmatrix} \sin \lambda & -\cos \lambda & \\ \cos \lambda & \sin \lambda & \\ 0 & 0 & \end{vmatrix}$$

$$R_\phi = \begin{vmatrix} \sin \phi & 0 & \cos \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\cos \phi & 0 & \sin \phi \end{vmatrix}$$

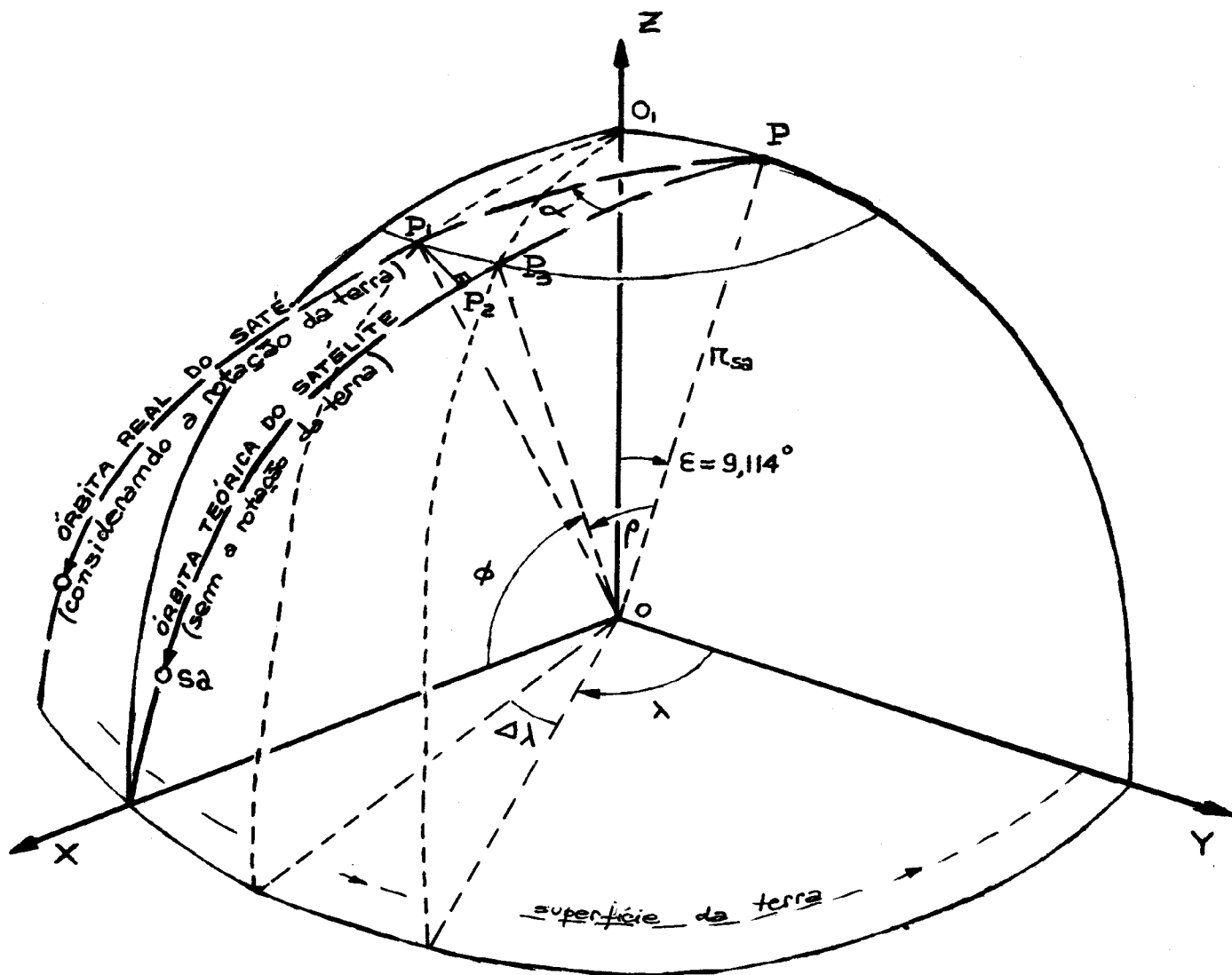


Fig 2. Geometria das Órbitas

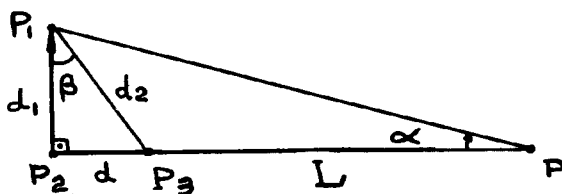


Fig 3. Triângulo de Referência

4. PRINCIPAIS EXPRESSÕES:

Comparando os termos das matrizes:

$$(R_\epsilon R_\rho) \text{ com } (R_\lambda R_\phi R_\alpha):$$

termos (3,3)

$$\frac{\sin \phi = \cos \epsilon \cos \rho}{(1)};$$

termos (3,2)

$$\cos \lambda \cos \phi = \sin \epsilon \cos \rho \quad (2,1);$$

termos (3,1)

$$\sin \lambda \cos \phi = \sin \rho \quad (2.2);$$

com (2.1) e (2.2)

$$\text{ctg } \lambda = \sin \epsilon \text{ ctg } \rho \quad (2);$$

termos (1,3)

$$-\cos \phi \cos \beta = -\cos \epsilon \sin \rho \quad (3.1);$$

termos (2,3)

$$-\cos \phi \sin \beta = -\sin \epsilon \quad (3.2);$$

com (3.1) e (3.2)

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{tge}}{\sin \rho} \quad (3);$$

Da equação (3.2), tira-se:

$$\frac{\sin \beta = \sin \epsilon / \cos \phi}{(4)};$$

Das equações (3.1) e (2.2):

$$\frac{\cos \beta = \cos \epsilon \sin \lambda}{(5)};$$

Com (1) e (2.1) temos:

$$\frac{\cos \lambda = \text{tge tg } \phi}{(6)};$$

Com (2.2) temos:

$$\frac{\sin \lambda = \sin \rho / \cos \phi}{(7)};$$

A rotação da terra altera a posição do satélite de P_3 para P_1 , conforme é mostrado na figura 3.

Observe que P_3 e P_1 estão no mesmo paralelo. Porém surgem os ângulos (α) e (β) que dependem das velocidades angulares da rotação da terra (W_{te}) e de translação do satélite (W_{sa}) que serão relacionados como segue:

. da equação geral da

velocidade angular

$$\theta = W \cdot t$$

. temos para a rotação

da terra.

$$\lambda = W_{te} \cdot t$$

. e para translação do satélite.

$$\rho = W_{sa} \cdot t$$

. em um mesmo instante (t) teremos.

$$\frac{\lambda}{W_{te}} = \frac{\rho}{W_{sa}}$$

. e como:

$$W_{te} = 7,292 \cdot 10^{-5} \text{ rd/seg};$$

$$W_{sa} = 1,0166 \cdot 10^{-3} \text{ rd/seg.}$$

temos:

$$\frac{\lambda}{\rho} = \frac{W_{te}}{W_{sa}} = 0,0717 \quad (8);$$

5. OUTRAS EXPRESSÕES:

5.1 - Ainda:

. no triângulo P_3OP , tira-se

$$L = r_{sa} \cdot \cos \rho$$

. que para $\rho \approx \Delta \rho$ tem-se

$$L = r_{sa} \cdot \Delta \rho \quad (9)$$

. e no triângulo P_1OP_3 $d_2 = r_{sa} \cdot \Delta \lambda \cdot \cos \phi$

. considerar que a entrada de ($\cos \phi$) nesta última expressão deveuse-a:

a. a medida que (ϕ) diminui, (d_2) aumenta.

b. o ($\cos \phi$) entra para

corrigir a expressão $d_2 = r_{sa} \cdot \Delta \lambda$ pois

5.2 - Substituindo (9) em

$$(9.1) \text{ temos: } d_2 = L \cdot \frac{\Delta \lambda}{\Delta \rho} \cos \phi$$

. tirando de (8) temos:

$$d_2 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \cos \phi \quad (10);$$

. com (4) em (10):

$$d_2 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \frac{\sin \epsilon}{\sin \beta} \quad (10.1);$$

5.3 - Entretanto no triângulo $P_1P_2P_3$:

$$\cos \beta = \frac{d_1}{d_2} \quad \sin \beta = \frac{d}{d_2}$$

Substituindo (11) em (10.1) temos

$$d_2 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \frac{\sin \epsilon}{d/d_2} \quad d = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \sin \epsilon \quad (12)$$

. a partir de (5) e (7):

$$\frac{\cos \beta}{\cos \epsilon} = \frac{\sin \rho}{\cos \phi} \quad \cos \phi = \frac{\sin \rho \cos \epsilon}{\cos \beta} \quad (12.1)$$

. substituindo (12.1) em (10)

$$d_2 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \frac{\sin \rho \cos \epsilon}{\cos \beta}$$

. com (11.2)

$$d_2 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \frac{\sin \rho \cos \epsilon}{-d_1/d_2}$$

$$-d_1 = L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \sin \rho \cos \epsilon$$

5.4 - Também, no triângulo PP_1P_2

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-d_1}{d + L} \quad (14)$$

. substituindo (9), (12) e (13) em (14)

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \sin \rho \cos \epsilon}{L \cdot \frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \operatorname{sene} + L}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \sin \rho \cos \epsilon}{\frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \operatorname{sene} + 1}$$

. conforme a equação (8) e figura (3), temos:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{W_{te}}{W_{sa}} \cdot \sin \rho \cos \epsilon}{0,0717 \operatorname{sen} (9,114^\circ) + 1}$$

. como o denominador é aproximadamente um; temos:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W_{te}}{W_{sa}} \sin \rho \cos \epsilon$$

A expressão (15) nos permite examinar o ângulo (α) ou segundo a figura (3), a abertura angular para cada latitude terrestre ($\phi \approx 90^\circ -$) da po-

sição do satélite a cada instante, na tomada da imagem.

III - CONCLUSÃO DA 1ª PARTE

Inúmeras são as considerações de ordem geométrica para referenciar a imagem pelo satélite e a superfície ter-
restre.

As expressões desenvolvidas no í-
tem anterior temos que acrescentar os
efeitos. da curvatura terrestre; da re-
fração atmosférica; dos grandes relevos
terrestres; da variação de altura do sa-
télite; de distorção de imagem; da va-
riação da oscilação do espelho, etc.

Correções para esses efeitos são
muito custosas, exigindo equipamentos so-
fisticados, que nem sempre, pelo menos
atualmente, tornam o trabalho de mapea-
mento compensador. Bem sabemos que, nos
so país apresentando ainda um apenas ra-
zoável avanço eletrônico, como conse-
quência em muitos casos, equipamento com
tecnologia de ponta traz mais prejuízos
que benefícios. Tudo isso é válido se
considerarmos que existem outras solu-
ções para o problema "uso das imagens de
satélites em mapeamento".

No segundo capítulo apresentamos
uma dessas soluções.

2º CAPÍTULO SOLUÇÃO POR RETIFICAÇÃO

IV - MEIOS

1. IMAGENS

A partir da definição das quadrí
culas a serem mapeadas, as imagens de-
vem ser solicitadas. Conforme experiên-

cia da equipe da 1ª DL, os canais mais úteis são 5 e 7 com possibilidade de apoio no canal 4. A escala apropriada é a de 1:250 000.

Usando a propriedade das imagens que é a "Multi-data" ou seja a cada 18 dias a mesma região é novamente imageada, pode-se organizar uma carta topográfica, com mais informações como situação hidrográfica da época das chuvas e da seca. A interpretação das imagens da mesma região, permitirá a definição de tendências urbanas e mesmo de vias de acesso de maior movimento. Trabalhos como esse tem diminuído o tempo de campo do reambulador. O emprego de um ou outro canal pode ser especificado como:

O canal 7 - é muito útil para a hidrografia, vias de transportes, áreas urbanas e culturas;

O canal 5 - é o único recomendado para identificar vegetação e ajuda muito na hidrografia, vias de transportes, áreas urbanas e culturas.

2. COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

Os pontos citados na atividade (6-7) vide diagrama no ítem VI, poderão ser obtidos de cartas existentes ou de outras fontes.

3. PRANCHAS DE INTERPRETAÇÃO (PI):

Como trabalho de interpretação será todo registrado em papel, este deverá ser consistente, transparente e rígido, não se permitindo deformação ou "trabalho".

4. PRANCHAS DE RETIFICAÇÃO (PR):

O material usado para as PR deverá ser ainda mais resistente que o usado na PI, pois servirá de base cartográfica para as outras atividades do mapeamento como Gravação. Assim também deve ser um papel transparente, consistente e rígido.

5. MATERIAL DE INTERPRETAÇÃO:

A fim de facilitar a visualização da interpretação, para cada feição na (PI) é usada uma cor, tal como: hidrografia com azul; vias de transporte o vermelho; as áreas urbanas com o amarelo.

6. RETIFICADOR:

Para fazer a transformação (retificação) da imagem, necessita-se de um Retificador. Maior rapidez e rendimento se obterá com um aparelho que tenha quadro maior.

V - EXECUÇÃO

1. MISSÃO:

(1-2) Definição das folhas a serem mapeadas, com coordenadas dos cantos.

2. PREPARO DA INTERPRETAÇÃO:

(2-3) Escolha e separação das Imagens dos dois canais, correspondentes às quadrículas definidas.

(2-4) Corte das PRANCHAS DE INTERPRETAÇÃO (PI) em papel transparente indeformável.

3. INTERPRETAÇÃO:

(3-5) Enquadramento na (PI) dos

cantos das imagens (I), suas coordenadas, para permitir a continuidade dos trabalhos de interpretação em dias subsequentes.

(5-6) Interpretação propriamente dita, com identificação na Imagem de todos os detalhes hidrográficos, vias de transportes, áreas urbanas, cultura e vegetação. A identificação será feita por profissional experiente e competente que poderá registrá-la de duas maneiras: ou diretamente desenhando na Imagem com lápis fino apropriado e cores ou sobre a (PI) que estará enquadrada sobre a Imagem através dos cantos marcados. Cuidará o interpretador de desprezar parte (50%) da superposição das imagens das sucessivas. Isto nos trechos em que são usadas duas ou mais (I) sucessivas. A finalidade desse procedimento é a de evitar trabalho duplo e facilitar ligações entre PIs.

4. PREPARO DA RETIFICAÇÃO:

(2-7) Preparo da PRANCHA DE RETIFICAÇÃO (PR), em papel transparente e rígido, com lançamento dos cantos da folha.

(6-7) Coleta de pontos de apoio que será utilizado na retificação.

Devem ser pontos de coordenadas conhecidas, de possível identificação na (I), distribuídas na (PI) numa quantidade suficiente para permitir a definição do plano de retificação. No caso da (I) em 1:250 000 e o retificador utilizado pela 1ª DL, de quadro pequeno

serão necessários de 9 a 16 pontos.

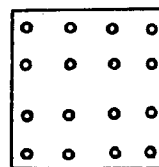


Fig 4 Posição dos Pontos

(7-8) Lançamento de pontos de apoio na (PI).

(7-8) Lançamento dos pontos de apoio nas (PR)

5. RETIFICAÇÃO:

(8-9) Orientação da (PR) a partir da (PI), pelo manuseio das coordenadas ϕ , W, Z do retificador, conseguindo-se a coincidência dos pontos homólogos da (PR) e (PI). Convém lembrar mais uma vez que, sendo o porta imagem do retificador de tamanho reduzido o trabalho é executado por partes. Assim para retificar uma imagem em 1:250 000, são feitas em 5 a 9 trechos.

Em números, temos uma imagem de aproximadamente 75 x 75 cm e o porta imagem apenas 30 x 30 cm.

(8-9) Desenho na (PR) de todos os detalhes existentes na (PI).

6. LANÇAMENTO DA TOPONÍMIA:

(9-10) Após a retificação a (PR) receberá as informações complementares como toponímia vinda da reambulação e outros dados da coleta de dados em geral.

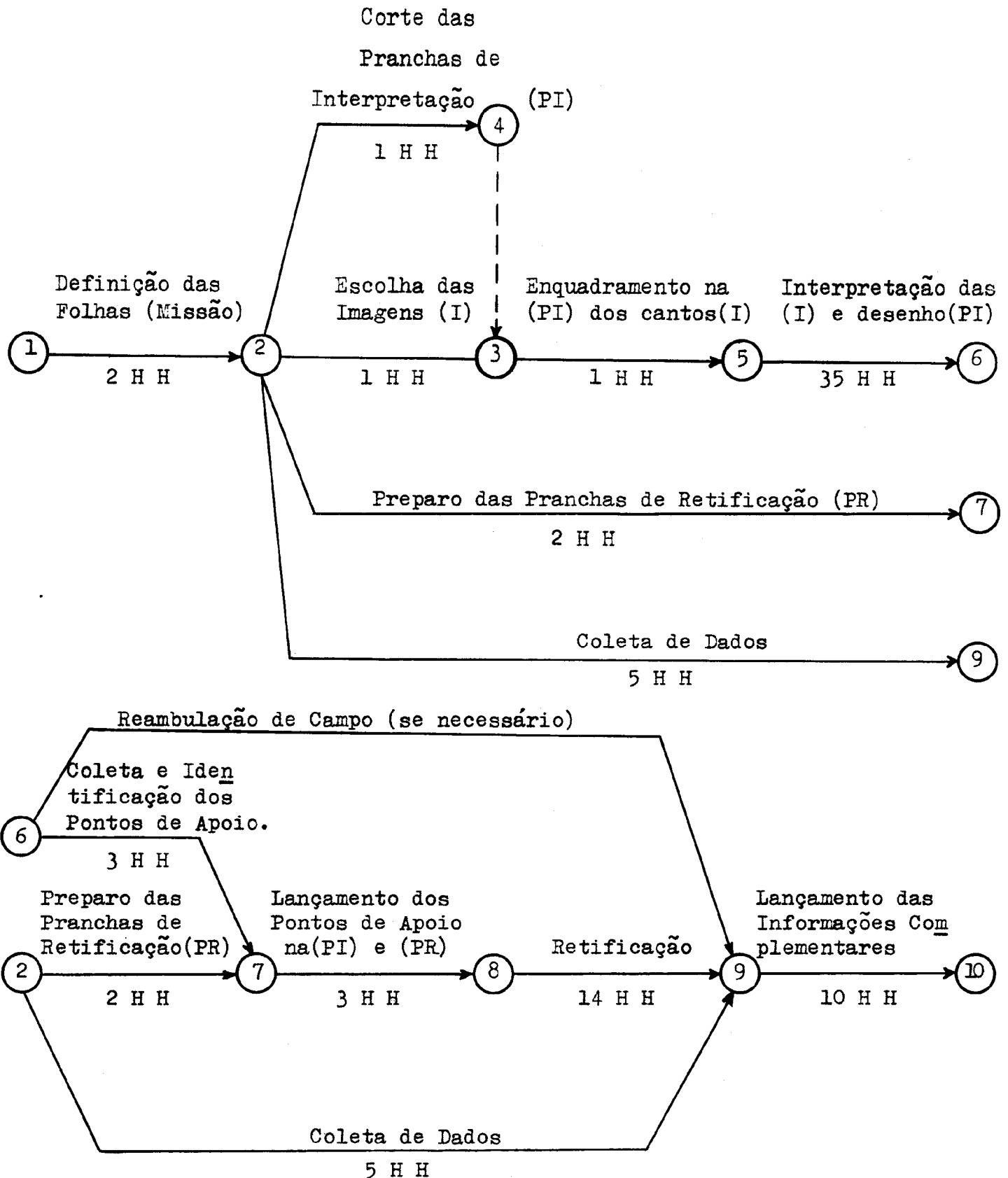
7. COMPLEMENTAÇÃO:

(10-11) Seguem-se as atividades normais da cartografia clássica como GRAVAÇÃO, IMPRESSÃO, ETC.

VI - DIAGRAMA DE PERT

No diagrama desta folha foram feitas as seguintes considerações:

- a. os tempos são para uma folha em 1/250 mil;
- b. a duração em Homem Hora (HH);
- c. as imagens com dificuldade média;



VII - BIBLIOGRAFIA:

- Amaral, G Introdução ao Programa Land
sat - INPE - CNPq, São José dos Cam
pos, SP - maio de 1977.
- Colvocoresses, A.P. The ERUS Cartogra
phic Program, Photogrammetric En
gineering 1970, No 6, p 555 - 560
- Colvocoresses, A.P. Geometric Correti
ons Routinely Applied to Landsat
MSS - USDI Eros Program, Marc, 1978
- Menezes, P.M.L e Benedetti, A. Aplica
ção Cartográfica de Imagens Landsat
à Média Escala; Revista Brasileira
de Cartografia, nº 22 - Dez 79 Rio
de Janeiro.
- Menezes, P.M.L Metodologia para Cons
trução de Cartas Planimétricas a
Partir de Imagens MSS Landsat.
- Kratky, V. Photogrammetric Solution
for Precision Processing of ERTS
Images; XXI International Congress
of Photogrammetri - Ottawa - 1972.

