

N O T I C E

THIS DOCUMENT HAS BEEN REPRODUCED FROM
MICROFICHE. ALTHOUGH IT IS RECOGNIZED THAT
CERTAIN PORTIONS ARE ILLEGIBLE, IT IS BEING RELEASED
IN THE INTEREST OF MAKING AVAILABLE AS MUCH
INFORMATION AS POSSIBLE

E82-10179

CR-168602



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

Made available under NASA sponsorship
in the interest of early and wide dis-
semination of Earth Resources Survey
Program information and without liability
for any use made thereof.

(E82-10179) UTILIZATION OF LANDSAT IMAGES
IN CARTOGRAPHY (Instituto de Pesquisas
Espaciais, Sao Jose) 39 p HC A03/MF A01

N82-22614

CSCL 08B

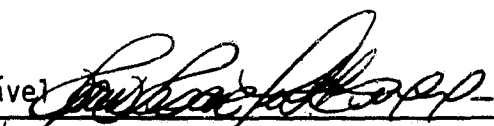
G3/43

Unclas
00179

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY
DATE 2-10-82
REF ID: 002949
FORMED BY
NASA STI FACILITY
 NASA-SDS AIAA



INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

| | | | |
|---|------------------------|--|--|
| 1. Publicação nº <i>INPE-2219-MD/011</i> | 2. Versão | 3. Data <i>Set., 1981</i> | 5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita |
| 4. Origem <i>DSR</i> | Programa <i>DAQ</i> | | |
| 6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>CARTOGRAFIA BRASIL</i> <i>SATÉLITE</i> | | | |
| 7. C.D.U.: <i>528.711.7:551.4.03:528.067.4</i> | | | |
| 8. Título <i>UTILIZAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT NA CARTOGRAFIA</i> | | 10. Páginas: <i>42</i> | |
| | | 11. Última página: <i>33</i> | |
| | | 12. Revisada por <i>LD/ferreira</i> <i>Luiz Danilo D. Ferreira</i> | |
| 9. Autoria <i>Paulo Cesar Gurgel Albuquerque</i> | | 13. Autorizada por <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i> | |
| Assinatura responsável  | | | |
| 14. Resumo/Notas <i>O presente trabalho visa esclarecer à comunidade carto- gráfica como usar as imagens MSS para fins cartográficos, atualmente dentro de Limitações Técnicas e Operacionais.</i> | | | |
| 15. Observações | | | |

SUMÁRIO

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| <u>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| 1.1 - Cartografia: Definição e Atividades | 1 |
| 1.2 - Algumas definições de produtos cartográficos | 3 |
| 1.3 - A cartografia no sensoriamento remoto | 4 |
| <u>CAPÍTULO 2 - UTILIZAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT NA CARTOGRAFIA</u> | 7 |
| 2.1 - Levantamento do apoio básico | 7 |
| 2.2 - Mapeamento topográfico sistemático | 8 |
| 2.3 - Outros elementos cartográficos | 8 |
| 2.4 - Utilização de imagens LANDSAT na cartografia | 9 |
| 2.4.1 - Geometria das imagens LANDSAT | 10 |
| 2.4.2 - Deformação das imagens | 12 |
| 2.4.3 - Deformações cartográficas | 16 |
| 2.4.4 - Mudança de projeção | 17 |
| 2.4.5 - Limitações para uso cartográfico | 21 |
| <u>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PARA CONFECCÃO DE MAPAS, EM ESCALA DE</u> <u>1:250.000, UTILIZANDO IMAGENS MSS DO LANDSAT</u> | 25 |
| 3.1 - Apoio | 25 |
| 3.2 - Articulação das folhas | 26 |
| 3.3 - Seleção dos acidentes | 27 |
| 3.4 - Nome da folha | 27 |
| 3.5 - Classificação final do documento | 27 |
| 3.6 - Apresentação | 28 |
| 3.7 - Fluxograma das operações | 28 |
| 3.8 - Exemplos de trabalhos com imagens LANDSAT | 29 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 31 |
| BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR | 33 |

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

LISTA DE FIGURAS

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| 2.1 - Linha de varredura | 10 |
| 2.2 - Seção longitudinal do elemento de resolução | 11 |
| 2.3 - Seção transversal do elemento de resolução | 11 |
| 2.4 - Variação em escala, em função da variação da altitude.... | 12 |
| 2.5 - Variação em deriva, em função da variação K ("Yaw")..... | 13 |
| 2.6 - Variação em arfagem, em função da variação de ϕ ("Pitch"). | 14 |
| 2.7 - Variação em rolagem, em função da variação em ω ("Roll").. | 14 |
| 2.8 - Deslocamento devido à rotação da Terra | 15 |
| 2.9 - Deslocamento de pontos em relação ao seu homólogo no terreno | 15 |
| 2.10 - Imagem MSS-LANDSAT sobre o plano UTM (malha UTM) | 17 |
| 2.11 - Pontos de controle e ponto DATUM | 19 |
| 2.12 - Pontos de controle na imagem MSS e nas folhas escolhidas como base | 20 |
| 2.13 - Setorização da imagem | 21 |
| 3.1 - Distribuição do apoio para o processamento da imagem base. | 25 |
| 3.2 - Articulação das folhas | 26 |
| 3.3 - Fluxograma das operações | 28 |

ORIGINAL FILED IN
OF POOR QUALITY

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

LISTA DE TABELAS

| | <u>Pág.</u> |
|---|-------------|
| 1.1 - Características limitantes | 5 |
| 2.1 - Características das cartas topográficas | 8 |
| 2.2 - Características das imagens LANDSAT | 9 |
| 2.3 - Limitações de produtos cartográficos | 22 |

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - CARTOGRAFIA: DEFINIÇÃO E ATIVIDADES

A cartografia é definida como a técnica de levantamento, construção e edição de mapas de qualquer natureza.

A cartografia compreende um conjunto de atividades que têm por objetivo a representação total ou parcial da superfície da Terra ou de outro corpo celeste, sendo que o produto deve estar de acordo com os objetivos finais do trabalho. O conjunto de operações recebe o nome de mapeamento e se divide em 4 fases: planejamento, aquisição de dados, tratamento da informação, arte final e publicação.

● Fase 1 - Planejamento

Onde é definido o tipo de documento cartográfico que deve ser gerado em função dos meios disponíveis e dos objetivos a serem atingidos.

● Fase 2 - Aquisição de Dados

É a primeira fase da produção, onde se realizam todas as atividades de campo e a aquisição de imagens.

Os serviços de campo são os seguintes:

- 1) levantamentos astronômico, geodésico, topográfico, que compreendem a determinação das coordenadas dos pontos de controle;
- 2) reambulação, que compreende a identificação e o levantamento da toponímia dos acidentes naturais e artificiais do terreno;

- 3) verdade terrestre, que compreende a checagem, no campo, da interpretação; esta atividade realizada nesta fase, pode ocorrer na fase 3, quando surgem dúvidas na interpretação;
- 4) aquisição de imagens, que compreende a cobertura com imagens, obtidas por sensores aerotransportados, no nível orbital ou suborbital. Estas imagens podem ser classificadas em:

Imagens suborbitais { aerofotos
 { imagens não-fotográficas

Imagens orbitais { imagens fotográficas
 { imagens não-fotográficas

● Fase 3 - Tratamento da Informação

Esta fase compreende 5 atividades básicas:

- a) Cálculo das coordenadas: consiste em determinar os valores de (X, Y e Z) de um ponto ou conjunto de pontos, com base nos dados extraídos do campo.
- b) Interpretação das imagens: depende dos objetivos de cada trabalho, com tratamentos diferentes na seleção de classificação dos acidentes naturais e artificiais do terreno.
- c) Restituição e ou aerotriangulação: a restituição, inicialmente, consiste em desenvolver sobre o plano, medições e traçados do terreno, e a aerotriangulação, em determinar coordenadas de pontos do terreno, utilizando outros pontos com coordenadas já conhecidas, minimizando os custos com serviços de levantamento.
- d) Atualização de documentos cartográficos já existentes: compreende a atualização dos elementos mapeados em períodos anteriores, utilizando imagens recentemente obtidas.

- e) Transformação de coordenadas: consiste em transformar as coordenadas de um conjunto de pontos para outro sistema estabelecido.

● Fase 4 - Arte Final e Publicação

É nesta fase que se cria o documento final (carta ou mapa), conforme as normas e as especificações do projeto. As atividades realizadas, nesta fase, compreendem:

- a) desenho cartográfico;
- b) diagramação da folha;
- c) lançamento de simbologia;
- d) preparo para impressão;
- e) impressão.

1.2 - ALGUMAS DEFINIÇÕES DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

- 1) Mapa: representação plana, geralmente em pequena escala, de uma parte ou de toda a superfície da Terra, definida por limites naturais, políticos ou administrativos.
- 2) Carta: representação em média ou grande escala da superfície da Terra, subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecendo a uma diretriz.
- 3) Planta: representação, em grande escala, de uma área restrita da superfície da terra, com objetivo específico.
- 4) Carta Topográfica ou (planialtimétrica): representação da superfície da Terra, elaborada mediante um levantamento original ou compilado de outras cartas topográficas existentes, permitindo facilmente a determinação de alturas.
- 5) Carta Planimétrica: o mesmo que carta topográfica, porém sem a representação do relevo.

- 6) Fotocarta: mosaico controlado, com quadriculado geográfico ou plano de referência (malha de projeção), incluindo informações marginais e identificação dos acidentes.
- 7) Mapa Temático ou Especial: é o mapa que tem por objetivo representar um ou mais fenômenos com um fim específico. Os acidentes topográficos são aí representados para situar um tema.

1.3 - A CARTOGRAFIA NO SENSORIAMENTO REMOTO

O Sensoriamento Remoto utiliza a Cartografia para expressar os seus trabalhos, que por sua vez é uma linguagem que, através de modelos gráficos, analógicos e analíticos, procura representar o mais corretamente possível os fenômenos, exprimindo-os quantitativa e qualitativamente sem prejuízo de informação adquirida.

Dentro das várias aplicações do sensoriamento remoto, a Cartografia pode aparecer, isoladamente, quando tratada como uma função, que têm por objetivo mapear topograficamente uma região. Assim sendo, pode-se dizer que a cartografia, aplicada ao sensoriamento remoto, apresenta as mesmas características operacionais acima, variando, na realidade, os meios de aquisição e tratamento da informação, pois os produtos cartográficos são sempre os mapas, as cartas e os afins.

O uso de diferentes sensores é que define as aplicações e limitações da cartografia, caracterizando uma família de produtos, como demonstrado na Tabela 1.1.

Quanto aos radiômetros não-imageadores, estes são servidos para aquisição de dados numéricos, representativos de um determinado fenômeno, que, após tratados, poderão ser lançados em bases já existentes.

As limitações são definidas pela escala e pela precisão geométrica de cada sistema sensor, conforme demonstrado na Tabela 1.1.

TABELA 1.1

CARACTERÍSTICAS LIMITANTES

| SENSORES PRODUTOS | CÂMARAS MÉTRICAS | IMAGEADORES SUBORBITAIS | IMAGEADORES ORBITAIS MSS | IMAGEADORES ORBITAIS RBV |
|------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| MAPAS/CARTAS | SIM | SIM | SIM | SIM |
| TEMÁTICOS | SIM | SIM | SIM | SIM |
| TOPOGRÁFICOS | SIM | SIM | SIM | SIM |
| PLANIMÉTRICOS | SIM | SIM | SIM | SIM |
| ALTIMÉTRICOS | SIM | NÃO | NÃO | NÃO |
| MOSAICOS | SIM | SIM | SIM | SIM |
| CONTROLADO | SIM | NÃO | NÃO | NÃO |
| NÃO-CONTROLADO | SIM | SIM | SIM | SIM |
| SEMICONTROLADO | SIM | SIM | SIM | SIM |
| FOTO CARTAS | SIM | - | SIM | SIM |
| CADASTRO URBANO | SIM | NÃO | NÃO | NÃO |
| PLANTAS | SIM | NÃO | NÃO | NÃO |
| CADASTRO RURAL | SIM | - | SIM | SIM |
| ATUALIZAÇÃO DE DOCUMENTOS | SIM | SIM | SIM | SIM |

| LIMITAÇÕES | CÂMARAS MÉTRICAS | IMAGEADORES SUBORBITAIS | IMAGEADORES ORBITAIS MSS | IMAGEADORES ORBITAIS MSS |
|---------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Escala geométrica | Variável | Variável | Fixa | Fixa |
| Precisão Geométrica | Variável | Variável | 120 - 150 m | 40 - 60 m |

Finalmente a divulgação destes produtos poderá ser feita, utilizando-se as técnicas de impressão já conhecidas.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

CAPÍTULO 2

UTILIZAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT NA CARTOGRAFIA

Mapear o Território Nacional é algo que requer um grande investimento do governo, principalmente nas regiões como a Amazônia, onde as condições ambientais dificultam a penetração e o desenvolvimento normal dos trabalhos de campo e de sobrevôo fotográfico, fazendo com que os cronogramas sofram atrasos, elevando ainda mais os custos inicialmente programados, sem contar com os prejuízos indiretos que ocorrem em outras áreas a espera deste material.

O objetivo deste trabalho é apresentar não uma solução para o mapeamento topográfico, temático ou especial, mas sim uma proposta para solucionar os problemas cartográficos nas áreas que ainda carecem de mapas, ou que, se existem, já não merecem crédito face à desatualização com o passar do tempo.

Esse trabalho será desenvolvido utilizando imagens MSS do LANDSAT para execução de cartas na escala de 1:250.000. Essas cartas servirão de base para trabalhos mais urgentes, até que o mapeamento topográfico sistemático seja regularizado nessas regiões remotas.

2.1 - LEVANTAMENTO DO APOIO BÁSICO

Os levantamentos geodésicos obtidos através de processos convencionais, ou por satélites, constituem a infra-estrutura para o mapeamento. As dificuldades de penetração favorecem o uso de equipamentos de geodésia por satélite, na determinação dos pontos de apoio básico, embora o apoio suplementar careça ainda mais de densificação.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

2.2 - MAPEAMENTO TOPOGRÁFICO SISTEMÁTICO

É definido como todo mapeamento baseado em recobrimento aerofotogramétrico e apoiado em controle terrestre, através de coordenadas plano-altimétricas. As escalas destes documentos compreendem 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.

A Tabela 2.1 apresenta as características das cartas topográficas.

TABELA 2.1

CARACTERÍSTICAS DAS CARTAS TOPOGRÁFICAS

| ESCALA | FORMATO | EQUIDISTÂNCIA DAS CURVAS | ÁREA ABRANGIDA | PROJEÇÃO |
|-----------|-----------|--------------------------|------------------------|----------|
| 1:50.000 | 15' x 15' | 20m | 750 km ² | UTM |
| 1:100.000 | 30' x 30' | 40m | 3.000 km ² | UTM |
| 1:250.000 | 1°x1°30' | 120m | 18.000 km ² | UTM |

Estas cartas são caracterizadas, também pela correta de terminação plano-altimétrica de todos os acidentes representados em função da escala da carta. A projeção UTM adota fusos de 6° de amplitude, havendo coincidência com os fusos da Carta do Brasil ao Milionésimo, publicada pelo IBGE.

2.3 - OUTROS ELEMENTOS CARTOGRÁFICOS

Estes elementos são documentos cartográficos não regulares, isto é, documentos que não estão ligados ao mapeamento sistemático e regular de uma região. São mapas, cartas, mosaicos etc., elaborados para atender certos objetivos e servir de levantamento preliminar, em regiões onde o mapeamento topográfico sistemático não foi ainda integralizado.

2.4 - UTILIZAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT NA CARTOGRAFIA

Inicialmente, faz-se uma rápida análise das características mais importantes das imagens MSS para fins cartográficos (Tabela 2.2). Convém lembrar que este estudo é dirigido para documentos na escala de 1:250.000, ou menores.

TABELA 2.2

CARACTERÍSTICAS DAS IMAGENS LANDSAT

| CARACTERÍSTICAS | MSS | RBV |
|--|--------------|--------------|
| Abrangência da cena | 185 x 185 km | 98 x 98 km |
| Elemento de resolução | 70m | 30m |
| Escala de imageamento | 1:3.700.000 | 1:1.400.000 |
| Escala mínima de trabalho | 1:1.000.000 | 1:500.000 |
| Formato da imagem | 185 x 185 m | 196 x 196 mm |
| Relação B/Z | < 0,25 | <0,25 |
| Superposição longitudinal | 10% | 10% |
| Superposição lateral (*) | 14% | 14% |
| Altitude do satélite | 920km | 920km |
| Projeção | SCSP (atual) | SCSP (atual) |
| Número imagens/ano | 20 | 20 |
| Número imagens na carta de 1:1.000.000 | 10 - 14 | 40 - 56 |

(*) para ϕ (latitude) = 0°

As características apresentadas na Tabela 2.2 são os principais parâmetros observados no uso cartográfico das imagens LANDSAT.

2.4.1 - GEOMETRIA DAS IMAGENS LANDSAT

As imagens MSS do LANDSAT são obtidas por varreduras transversais ao sentido de deslocamento do satélite. A imagem é uma projeção ortogonal, ao longo da órbita, e central no sentido da varredura do espelho.

A largura ℓ da imagem, na superfície, é dada por:

$$\ell = 2 H \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$$

onde:

H = altitude do satélite

β = ângulo de abertura do imageador = $11,5^\circ$

a) Dimensão do elemento de resolução

A Figura 2.1 mostra uma linha de varredura do sensor MSS, onde " α " é constante ao longo de toda a varredura. Desta forma, os segmentos \overline{AB} e \overline{CD} tornam-se curvos ao longo da linha de varredura, assumindo valor máximo de afastamento nas bordas laterais da imagem, e valor mínimo no ponto central da varredura, provocando uma variação na dimensão do elemento de resolução.

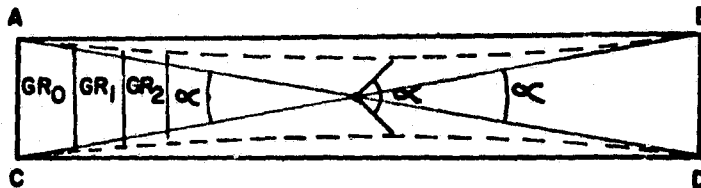


Fig. 2.1 - Linha de varredura.

A Figura 2.2 mostra a seção longitudinal do elemento de resolução.

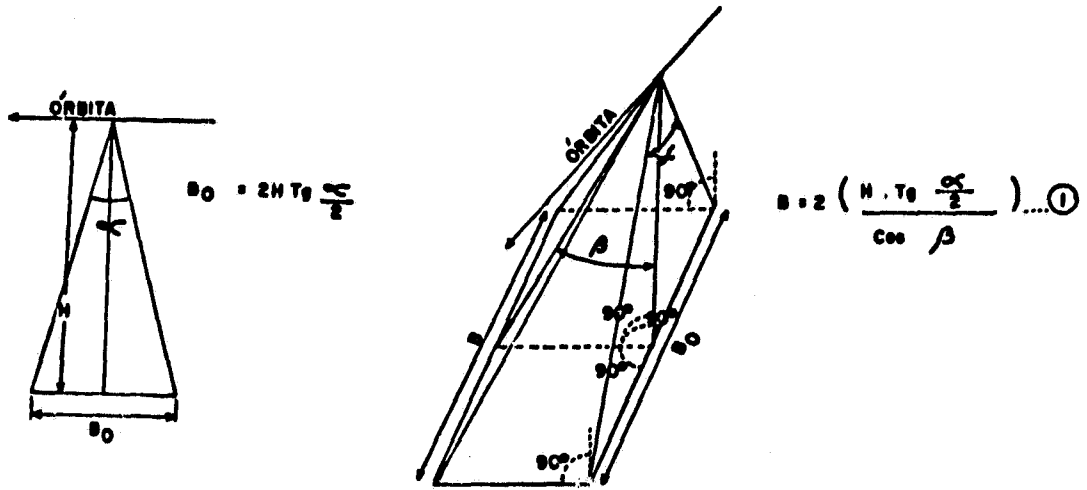


Fig. 2.2 - Seção longitudinal do elemento de resolução.

A Figura 2.3 mostra a seção transversal do elemento de resolução.

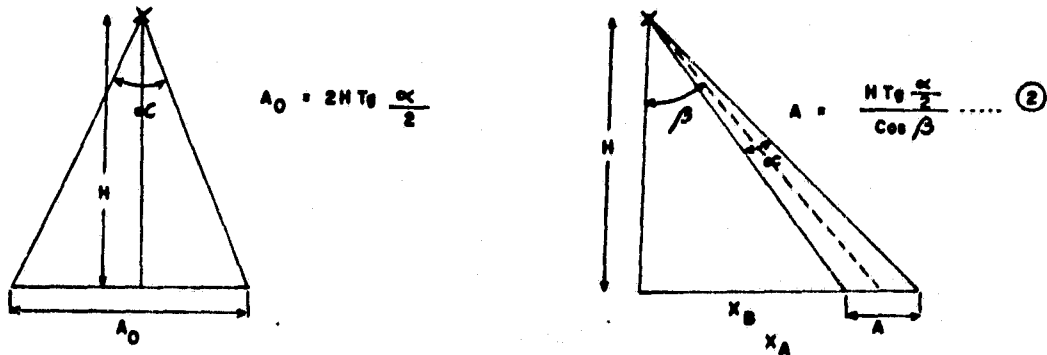


Fig. 2.3 - Seção transversal do elemento de resolução.

Substituindo-se α por ω , o qual é definido como ângulo de visada instantâneo e pequeno, pode-se ter para as Equações 1 e 2 (Figuras 2.2 e 2.3) a seguinte formulação:

$$B = \frac{H \cdot \omega}{\cos \beta} \quad A = \frac{H \cdot \omega}{\cos^2 \beta}$$

A área do elemento de resolução (S) será dada por:

$$S = \frac{H^2 \cdot \omega^2}{\cos^3 \beta}$$

e variará somente em função de β , que é o ângulo total de varredura.

2.4.2 - DEFORMAÇÃO DAS IMAGENS

As deformações das imagens MSS, devido às variações de atitude do satélite, não se comportam da mesma forma como nas imagens obtidas por câmeras métricas, embora as variações sofridas sejam as mesmas. Estas deformações são: variação em escala, variação em deriva, variação em arfagem e variação em rolagem.

a) Variação em escala, em função da variação de H (altitude), como pode ser visto na Figura 2.4.

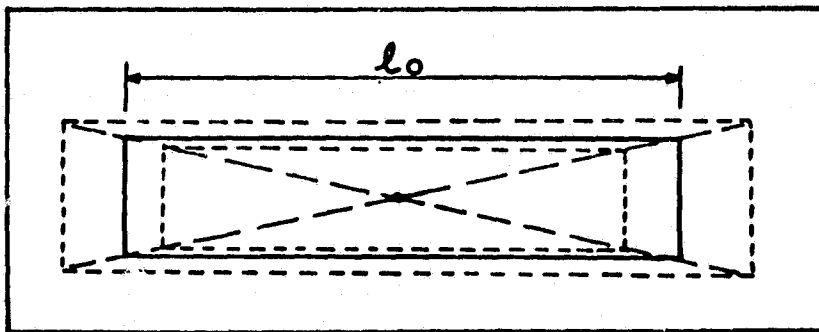


Fig. 2.4 - Variação em escala, em função da variação da altitude.

Como a imagem MSS (185km x 185km) é formada por 2340 varreduras que necessitam de um tempo T para serem realizadas; estando o satélite neste período sofrendo variações na altitude (H), pode-se dizer que a cada varredura corresponderá uma escala. Se for denominado l_0 de largura reduzida e ϵ de escala, pode-se escrever:

$$\epsilon = \frac{l_0}{2 H \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}$$

b) Variação em deriva, em função da variação de k ("Yaw"), como pode ser visto na Figura 2.5.

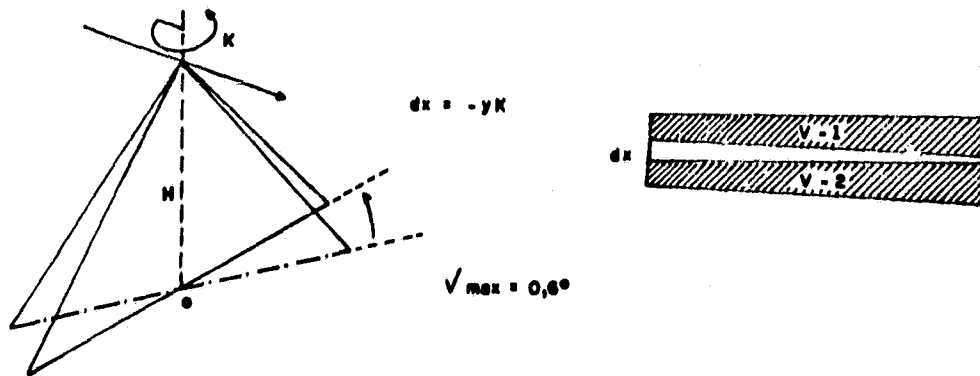


Fig. 2.5 - Variação em deriva, em função da variação K ("Yaw").

c) Variação em arfagem, em função da variação de ϕ ("Pitch"), como pode ser visto na Figura 2.6.

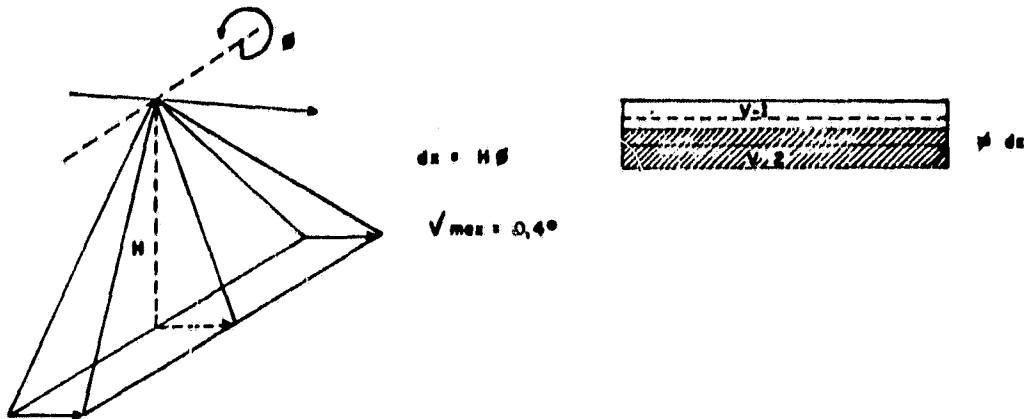


Fig. 2.6 - Variação em arfagem, em função da variação de ϕ ("Pitch").

d) Variação em rolagem, em função da variação em ω ("Roll"), como mostra a Figura 2.7.

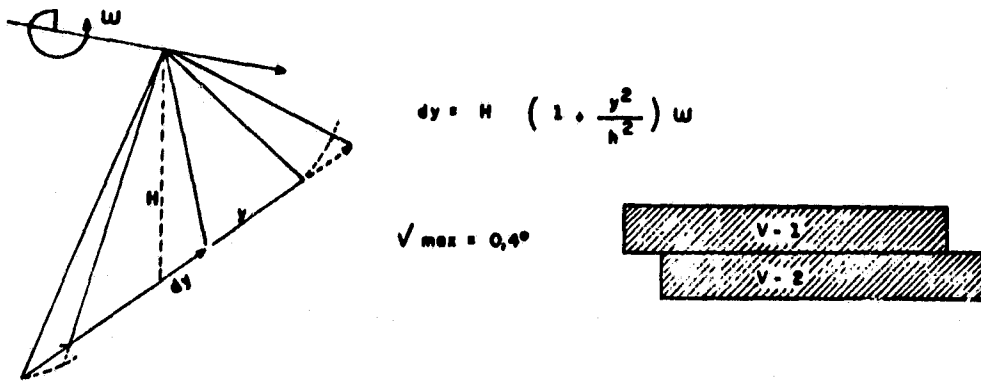


Fig. 2.7 - Variação em rolagem, em função da variação em ω ("Roll").

Outras deformações não são devido à atitude do satélite, mas sim ao próprio modelo. A Figura 2.8 mostra o deslocamento devido à rotação da Terra.

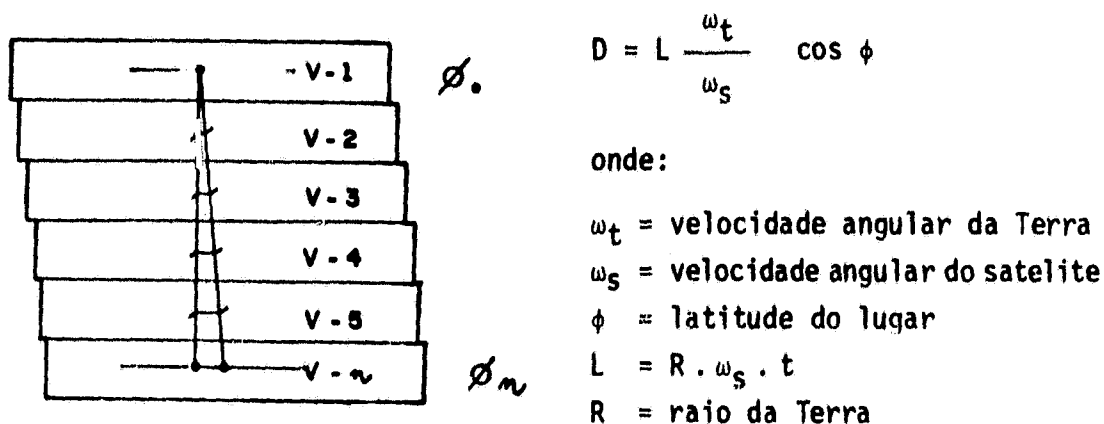


Fig. 2.8 - Deslocamento devido à rotação da Terra.

Deve-se contar, ainda, com o efeito de curvatura da Terra, a refração atmosférica e os deslocamentos sofridos pelas variações do relevo.

Devido a estas deformações, a imagem MSS apresenta deslocamentos entre pontos, que se distribuem aleatoriamente em direção e afastamento (Figura 2.9), porque não é uma imagem instantânea, mas sim formada por varreduras que são executadas dentro de um determinado tempo. Como o satélite se move ao longo desse tempo, sofrendo variações de atitude, os deslocamentos se comportarão de formas diferentes dentro de uma imagem.

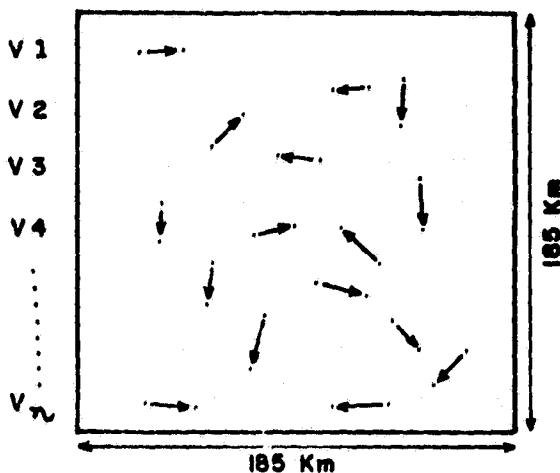


Fig. 2.9 - Deslocamento de pontos em relação ao seu homólogo no terreno.

2.4.3 - DEFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS

Inicialmente, define-se o que são deformações cartográficas, para que não se faça confusão com deformações das imagens.

Deformações cartográficas são distorções definidas pelo modelo de projeção adotado. A diferença entre uma determinada grandeza, na projeção, e sua homóloga, na superfície da Terra, define a deformação. As deformações cartográficas não estão relacionadas com a precisão do trabalho final, e sim com a aplicação do mapa. As deformações cartográficas são as seguintes:

- meridiana;
- transversal;
- angular;
- superficial.

A princípio, as imagens LANDSAT são definidas numa projeção "quase UTM", denominada por Colvocoresses (1974) "Space cylindrical strip perspective", definindo os seguintes parâmetros:

- fator de escala no nadir - 1,00000;
- fator de escala nas bordas das imagens - 0,99916;
- fator de escala na direção do deslocamento do satélite - 1,00011;
- fusos - 185 km ou $01^{\circ}40'$;
- elipsóide - Irene Fisher;
- deformação - conforme.

A Figura 2.10 apresenta uma imagem MSS-LANDSAT sobre o plano de projeção UTM.

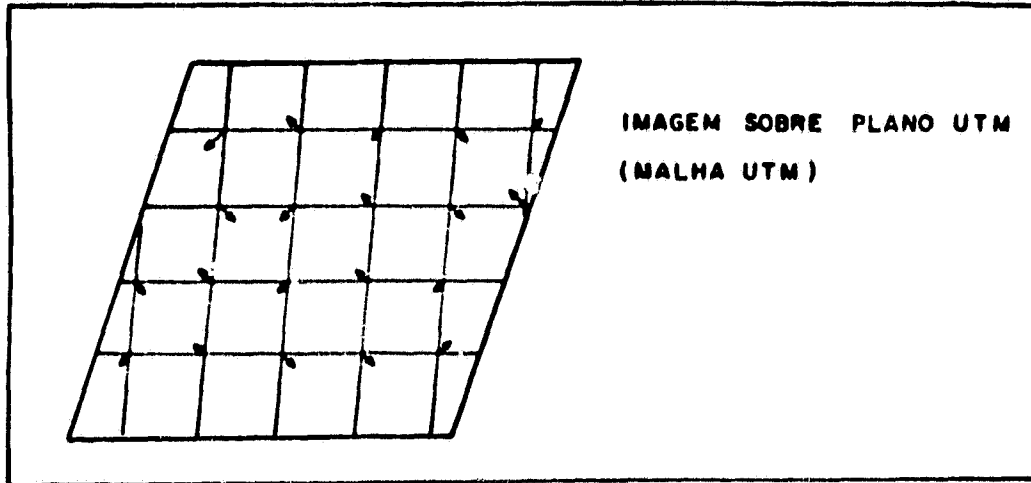


Fig. 2.10 - Imagem MSS-LANDSAT sobre o plano UTM (malha UTM).

Os pontos de uma imagem se distribuem bem próximos à malha UTM.

Outras projeções podem ser adotadas, desde que se faça a mudança do sistema. Assim sendo, a própria UTM pode ser adotada através da realização das transformações matemáticas necessárias.

2.4.4 - MUDANÇA DE PROJEÇÃO

Na mudança de projeção deve-se considerar as seguintes alternativas:

1) Conhecer o modelo de formação da projeção das imagens e da nova projeção que se deseja adotar, através dos seguintes requisitos:

- imagens retificadas: "I-Precision";
- pontos de imagem para controle;
- definição de um dos pontos de controle para "DATUM";
- processo de transformação: analítico.

2) Conhecer somente a projeção que se deseja trabalhar, através dos seguintes requisitos:

- imagens retificadas: "I-Precision";
- pontos de imagem e terreno para controle;
- processo de transformação: analítico, gráfico.

a) Retificação de imagens

Para executar a retificação das imagens, é necessário um mínimo de 9 pontos de controle distribuídos matricialmente sobre a imagem. O processo de "retificação de imagens", além de assegurar a geometria da imagem, coloca-a no plano UTM. Este processo recebe o nome de "Precision".

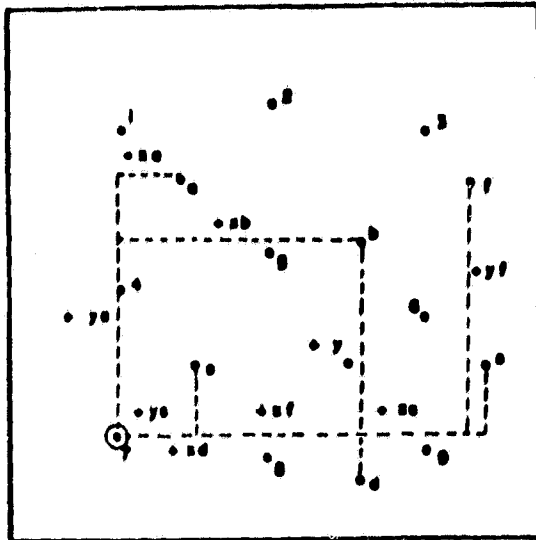
b) Pontos de imagens para controle

São pontos com coordenadas geodésicas conhecidas, identificados na imagem.

c) Definição de um dos pontos de controle para "DATUM"

É o ponto que servirá de origem para contagem das coordenadas X e Y dos pontos suplementares (Figura 2.11).

As duas alternativas para a mudança de projeção apresentam ótimos resultados. Entretanto, seu uso ficará condicionado às áreas onde já existam pontos de controle que possam ser identificados nas imagens, ou em regiões onde o trabalho será desenvolvido como imagens que serão obtidas, pois desta forma os pontos serão previamente sinalizados e suas coordenadas determinadas.



1, 2, 3, ..., 9 - pontos de controle.

Ponto nº 7 - DATUM.

a, b, c, ..., f - pontos suplementares.

OBS: Quanto maior o número de pontos de controle, maior será a rigidez na determinação do apoio suplementar.

Fig. 2.11 - Pontos de controle e ponto DATUM.

No caso de regiões onde os pontos de apoio são ainda escassos e sua penetração difícil, o investimento necessário ao processamento das imagens que recobrem a região, numa das duas alternativas, tornar-se-á muito dispendioso por várias razões:

- a) densificação de pontos sobre o terreno;
- b) condições meteorológicas instáveis;
- c) uso da geodésia por satélite na determinação do apoio.

Neste caso, os procedimentos mais viáveis em custo e prazo serão os expeditos, a serem realizados analítica ou graficamente, utilizando-se bases cartográficas já existentes. Para estes casos, as alternativas são:

- 1) Conhecer uma base qualquer em qualquer projeção, através de:
 - imagens "BULK";
 - pontos comuns na imagem e na base escolhida para apoio;
 - maior densidade de pontos;
 - transformação analítica.

No caso do Brasil pode-se utilizar as Folhas RADAM na escala de 1:250.000 ou as cartas topográficas de 250.000, 100.000 ou 50.000, como base para transformação e obtenção do apoio, e as coordenadas dos pontos escolhidos serão valores X e Y lidos, na imagem e na base, por equipamentos do tipo "monocomparador" (Figura 2.12).

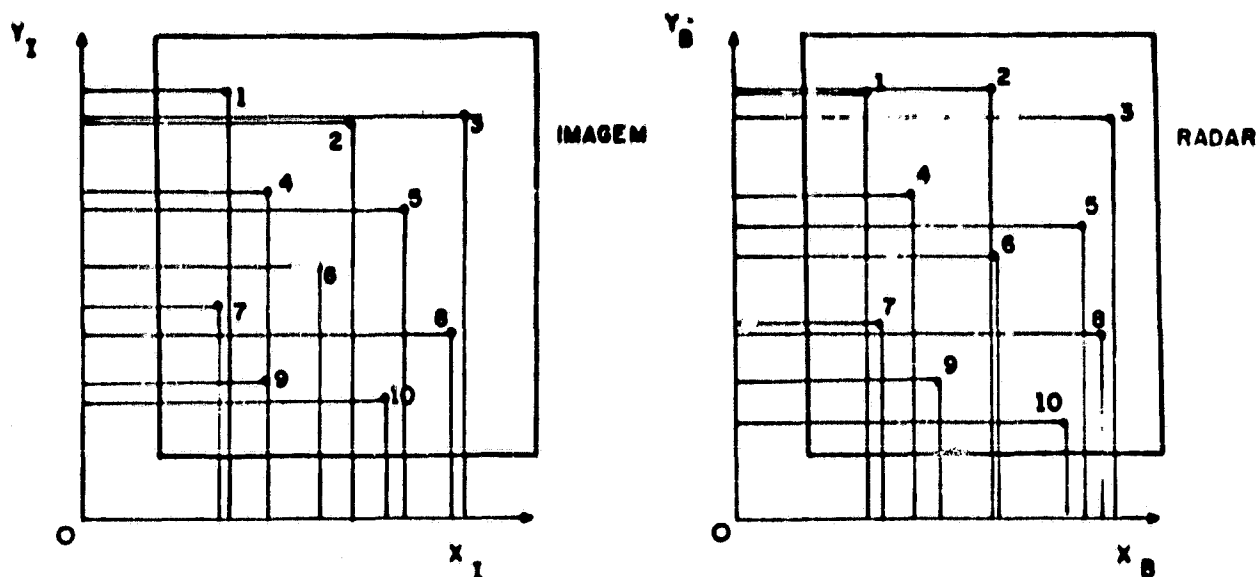


Fig. 2.12 - Pontos de controle na imagem MSS e nas Folhas escolhidas como base.

Tratando-se de imagens de radar, este método não oferece uma precisão compatível com a escala de 1:250.000, mas a imagem é colocada no mesmo sistema de projeção que a das folhas do RADAM, chegando-se a obter um RMS de 64 metros.

As dificuldades encontradas neste procedimento decorrem das imperfeições da base adotada. No caso das Folhas RADAM, as imperfeições são resultados da "mosaicagem", do pequeno apoio que serviu de controle para estas folhas, e da própria inércia do sistema de navegação da aeronave.

- 2) Possuir um mapa atualizado com informações contidas nas imagens LANDSAT, através de:

- imagens "BULK";
- pontos comuns na imagem e no mapa;
- pontos de controle sã nas áreas de atualização;
- transformação grãfica.

Neste procedimento, a imagem deve ser compartimentada em setores e os pontos para controle, identificados em cada setor. As transformações sã conduzidas em setores isolados (Figura 2.13), podendo ser realizadas atravẽs de equipamentos aerofotogramãtricos convencionais.

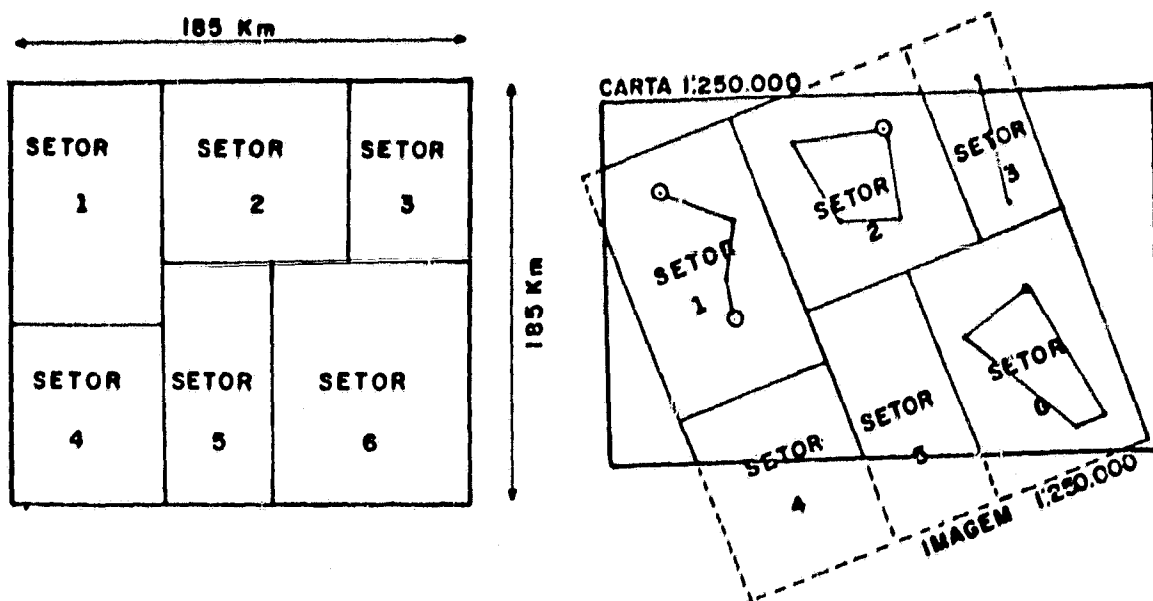


Fig. 2.13 - Setorização da imagem.

Este processo sã vãlido quando se trata de atualizaçã de cartas; entretanto, ele atende perfeitamente ao mapeamento temãtico.

2.4.5 - LIMITAÇÕES PARA USO CARTOGRãFICO

As imagens MSS-LANDSAT possuem duas limitaçoẽs cartogrãficas bem definidas, responsãveis pela sua não-utilizaçã no mapeamento topogrãfico regular, diretamente como elemento "Folha". Estas limitaçoẽs sã as seguintes:

- 1) o formato das imagens não é compatível com a articulação das folhas topográficas na escala de 1:250.000; e
- 2) há falta de informação quantitativa sobre o relevo.

Entretanto, em regiões onde o mapeamento topográfico regular não foi iniciado ou concluído, pode-se utilizar as imagens para o mapeamento preliminar.

Ao pensar em "outros produtos cartográficos", as limitações são definidas pela escala e precisão do sistema, a serem ditadas pelo objetivo final do documento (Tabela 2.3).

TABELA 2.3

LIMITAÇÕES DE PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

| PRODUTOS CARTOGRÁFICOS | ESCALA | PRECISÃO | RESOLUÇÃO |
|------------------------------|--------------------|-------------|-------------|
| Mapas planimétricos | $E \leq 1:250.000$ | 215 m | (70 x 50) m |
| Mapas temáticos | | variável | (70 x 50) m |
| Aplicação à Engenharia Civil | $E \leq 1:250.000$ | anteprojeto | (70 x 50) m |

Por exemplo, num projeto de rodovias, o reconhecimento tem por objetivo levantar informações necessárias ao anteprojeto, que determinará a viabilidade de implantação. Algumas das informações que deverão ser obtidas são as seguintes.

- descrição do terreno: hidrografia, orografia, vegetação etc.;
- riquezas naturais do solo;
- clima e salubridade (só em macro-regiões);
- uso de solo;
- traçado provável;
- levantamento de propriedades.

Essas informações deverão ser analisadas com outros da
dos, tais como:

- população beneficiada;
- comércio e indústria;
- custos.

Observa-se que em certas regiões as informações cartogrâ
ficas existentes são desatualizadas. Neste caso, o uso de imagens MSS
atenderá à atualização do documento existente, ou criará um documento
preliminar que atende às informações necessárias. A imagem MSS pode,
também, servir para o acompanhamento do cronograma físico das frentes
de penetração.

A base planimétrica, obtida com imagens MSS, tem utiliza
ção nas seguintes áreas, para atender aos seguintes objetivos:

| <u>ÁREAS DE ATUAÇÃO</u> | <u>OBJETIVO</u> |
|--|---|
| - Mapeamento topográfico regular não-existente. | - Construir cartas preliminares |
| - Mapeamento topográfico regular existente. | - Atualizar o documento já existen te. |
| - Levantamento de recursos natu rais. | - Confeccionar cartas ou mapas te máticos. |
| - Cartas topográficas até a esca la de 1:250.000 não-regulares. | - Executar anteprojeto. |
| - Cartas aeronáuticas até a esca la de 1:250.000. | - Atualizar cartas aeronáuticas. |
| - Cartas aeronáuticas não exis tentes. | - Construir cartas preliminares. |

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA PARA CONFEÇÃO DE MAPAS, EM ESCALA DE 1:250.000,
UTILIZANDO IMAGENS MSS DO LANDSAT

A metodologia que se propõe é a da transformação da imagem MSS para a projeção UTM.

3.1 - APOIO

As imagens devem possuir pontos distribuídos homogeneamente sobre ela, de forma que eles participem, também, das imagens laterais e longitudinais vizinhas (Figura 3.1).

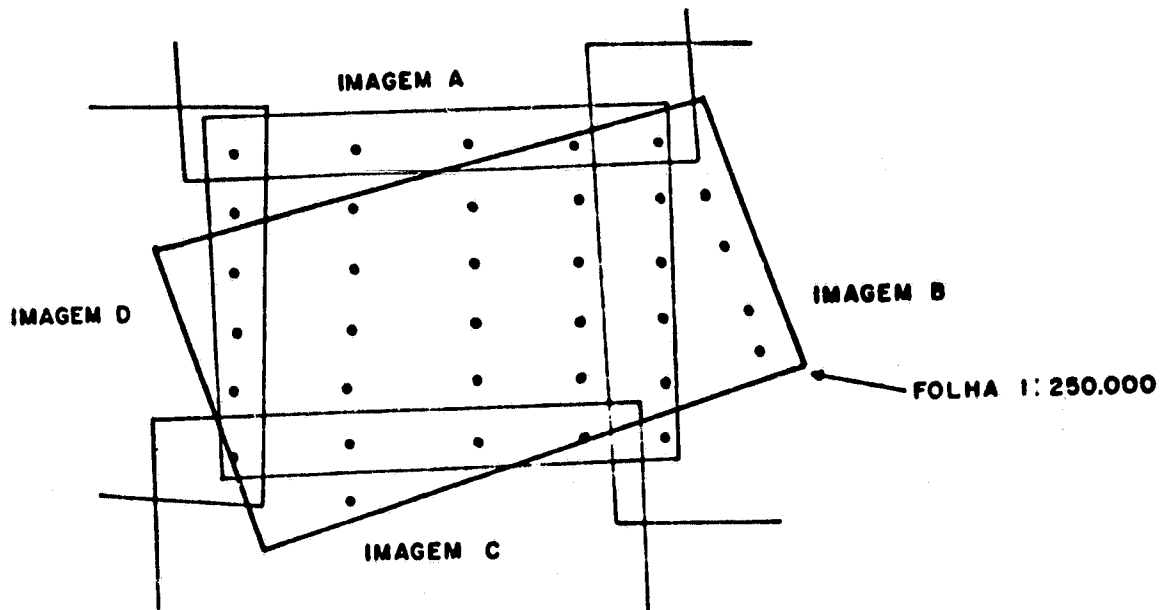


Fig. 3.1 - Distribuição do apoio para o processamento da imagem base.

As dificuldades encontradas no apoio são as seguintes:

- imagens com cobertura parcial de nuvens;
- cobertura vegetal;
- carência de pontos;
- época de aquisição das imagens.

3.2 - ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS

Com o objetivo de manter a cobertura de uma grande região onde concorram mais de uma folha (IMAGEM) de 1.250.000, deve-se adotar uma unidade cartográfica, pois o mapeamento nesta escala será exageradamente grande para existir em um único documento. Assim sendo, é necessário criar articulações entre essas unidades, de tal forma que uma rápida identificação do documento pretendido possa ser realizada.

Ao adotar a imagem como unidade "Folha", pode-se utilizar os números da órbita e do ponto, que identificarão as posições de cada imagem "Folha" no conjunto, referidos no centro da folha e não no canto superior direito (Figura 3.2).

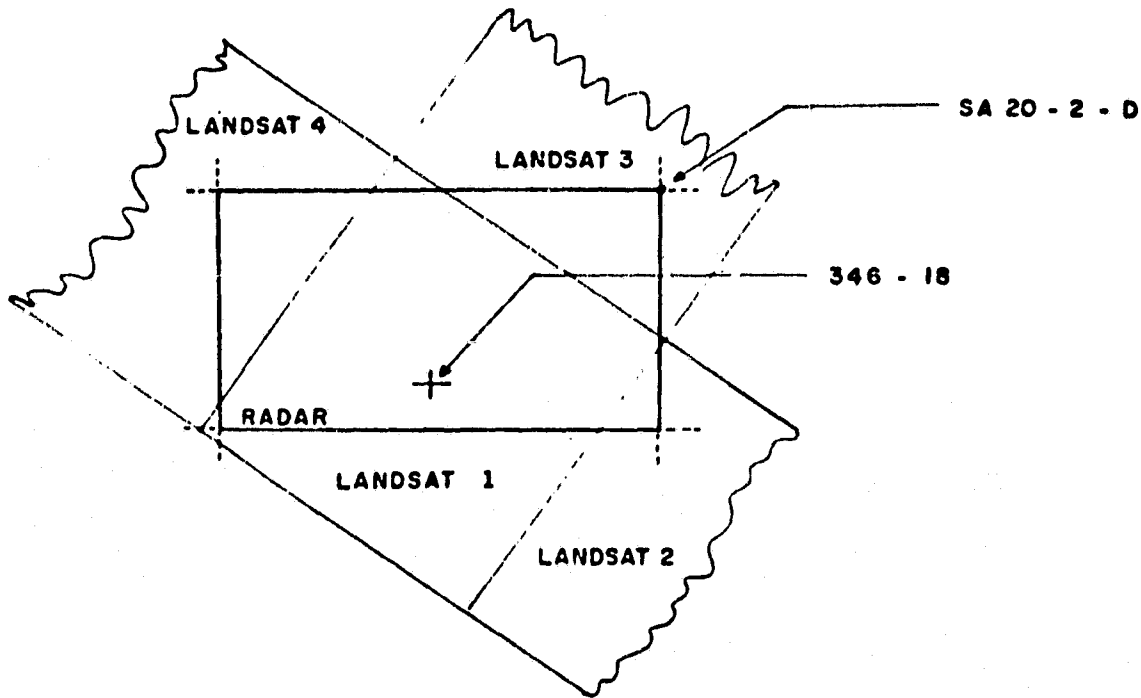


Fig. 3.2 - Articulação das folhas.

Ao adotar a mesma articulação que serve de base para as folhas na escala de 1:250.000, será necessária a confecção de mosaicos com as imagens, a fim de assegurar o formato (10 x 1030').

Como foi visto anteriormente, o número de imagens é bem menor que o número de folhas na escala de 1:250.000, possibilitando considerável economia. Ao adotar a imagem como unidade, pode-se recorrer ao número da órbita do ponto como índice de articulação.

3.3 - SELEÇÃO DOS ACIDENTES

O documento cartográfico na escala de 1:250.000, obtido através das imagens MSS, conterá as mesmas informações que as obtidas nas folhas de 1:250.000 do mapeamento topográfico sistemático, com a exclusão da altimetria que não pode ser determinada. Assim sendo, pode-se adotar as convenções cartográficas previstas no Manual Técnico do Exército, T34-700, 2a. parte (Ministério do Exército, 1976).

3.4 - NOME DA FOLHA

As folhas do mapa na escala de 1:250.000 deverão receber nomes que corresponderão ao da localidade ou acidente geográfico mais importante, e de preferência localizado na região central da folha (imagem).

3.5 - CLASSIFICAÇÃO FINAL DO DOCUMENTO

O documento final será classificado como "carta preliminar", pois suas características técnicas não são compatíveis com as especificações técnicas adotadas para as cartas topográficas regulares. Além disto, abrangerá somente informações planimétricas e poderá ser definido como "Base Planimétrica Preliminar".

3.6 - APRESENTAÇÃO

O produto final poderá receber o mesmo tratamento gráfico dado às fotocartas. Na imagem sobre a qual se traça a quadriculagem e moldura, lança-se nomenclatura, e são iluminados os acidentes que necessitem de realce.

3.7 - FLUXOGRAMA DAS OPERAÇÕES

A Figura 3.3 apresenta o fluxograma das operações.

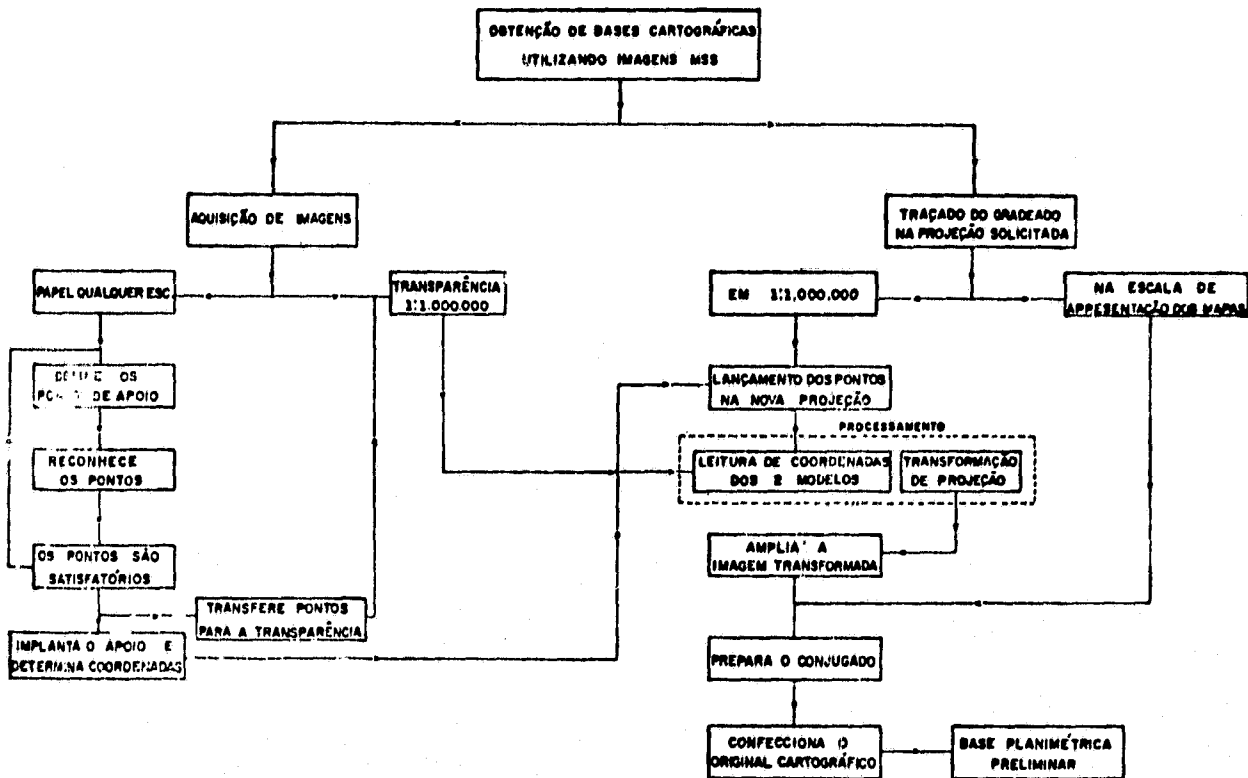


Fig. 3.3 - Fluxograma das operações

3.8 - EXEMPLOS DE TRABALHOS COM IMAGENS LANDSAT

- 23 folhas temática em 1/250.000 sobre distribuição de cana no Estado de São Paulo - INPE.
- Carta de pilotagem em 1/250.000 da região de Volta Redonda. INPE/DEPV.
- Carta planimétrica em 1/100.000 de Brasília,DF. INPE/DSG.
- Mapas em 1/500.000 sobre desmatamento da Amazonia. INPE/IBDF.
- Cartas planimétricas em 1/250.000 e áreas desmatadas da região do Araguaia Tocantins. INPE/GETAT.
- Atualização de cartas topográficas de 1/250.000 e 1/100.000. IBGE.

Atualmente encontra-se em desenvolvimento a folha Rio de Janeiro em 1/250.000 e a proposta para realização de 144 folhas em 1/100.000 da área do Araguaia Tocantins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. ESTADO MAIOR DO EXÉRCITO. *Convenções cartográficas*; catálogo de símbolos. sl, 1976. Parte 2 (Manual Técnico T34-700).

COLVOCORESSES, A.P. Space oblique mercator. *Fotogrametric Engineering and Remote Sensing* 40(7): 921-935, 1974.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

NASA. *Data user handbook*. Greenbelt, MI, Godard Space Flight Center, s.d.

RIMBERT, S. *Leçons de cartographie Thématique*. Paris, Societé de Edition d'Enseignement Superior S. Place de la Sorbone, s.d.

SHWIDEFSKY, D.K. *Fotogrametria terrestre y aérea*. Barcelona, Labor, 1980.

**ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY**