

FUNDAMENTOS PARA FOTINTERPRETAÇÃO

Editor - **Paul S. Anderson**
Coordenador:

Incluindo textos do
International Institute
For Aerial Survey
And Earth
Science (ITC),
Holanda



Uma edição da:

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

**Fundamentos
Para
Fotointerpretação**

Fundamentos
Paris
Fotointerpretação

Todos os direitos são reservados de acordo com a legislação em vigor. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida em qualquer forma ou por qualquer meio, seja mecânica, eletrônica, fotocópia ou gravado, sem a permissão por escrito do Editor-Coordenador.

Fundamentos para Fotointerpretação

Pontos de Distribuição:

1. Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC)
Rua Métron, 41 - Sala 708
20031 - Rio de Janeiro, RJ

2. Dr. Paul S. Anderson
Departamento de Geografia e História
Universidade de Brasília
70910 - Brasília, DF

Volume nº 1 (Capítulos 1 a 9) da Série:
FOTOINTERPRETAÇÃO: Teoria e Métodos

Impresso no Brasil/Printed in Brazil

Editor-Coordenador:

Paul S. Anderson, Ph. D.
Professor de Cartografia e Fotointerpretação
Universidade de Brasília

Incluindo Material Didático Cedido Pelo
INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AERIAL SURVEY
AND EARTH SCIENCES (ITC)
Enschede, Holanda

Autores-Colaboradores:

Paul S. Anderson
Antonio Jorge Ribeiro
A.P.A. Vink
H. Th. Verstappen
D.A. Boon
Alcyone V. R. Saliba

Tradutora dos Capítulos 2 e 3:

Noeli Vettori Anderson



SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

Copyright © 1982 Paul S. Anderson

Todos os direitos são reservados de acordo com a legislação em vigor. Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida em qualquer forma ou por qualquer maneira, seja mecânica, eletrônica, fotocópia ou gravação, sem a permissão por escrito do Editor-Coordenador.

Pontos de Distribuição:

1. Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC)
Rua México, 41 – Sala 706
20031 – Rio de Janeiro, RJ.
2. Dr. Paul S. Anderson
Departamento de Geografia e História
Universidade de Brasília
70910 – Brasília, DF.

Impresso no Brasil/Printed in Brazil

Dedicado a:

Joseph Kenneth Anderson (1918 –)
Merle Marie Anderson (1917 –)
Paul Simon Anderson (1911 – 1943)
Veronica Dorsz Vettori (1914 –)
que tanto contribuíram para a minha formação e a de minha esposa.

CAPA: Uma fotografia aérea vertical completa (tamanho 23 por 23 cm) da Praça dos Três Poderes, Esplanada dos Ministérios, Brasília, Distrito Federal, Brasil. (Escala aproximada de 1: 8.000; data 15/11/1977; vôo realizado pela Terrafoto, S.A.; reproduzida por cortesia da CODEPLAN).

FICHA DE CATALOGAÇÃO – NA – FONTE

A648 Anderson, Paul Simon, ed. (1943 –)
Fundamentos para fotointerpretação/Paul S. Anderson, editor-coordenador. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982.

(Fotointerpretação: teoria e métodos, v.1)

Bibliografia.

Conteúdo: Histórico. Níveis e estágios. Problemas metodológicos. Elementos de reconhecimento. Visão estereoscópica. Fotografia aérea. Geometria das fotografias aéreas. Paralaxe. Determinação de alturas.

1. Aerofotogrametria. 2. Aerofotointerpretação. I Título. II Série

CDD 526.982 3
CDU 528.7



Sociedade Brasileira de Cartografia

Presidente
Cláudio Ivanof Lucarevski

Vice-Presidentes
Placidino Machado Fagundes
Ney Cypriani Santin

Presidente da Comissão Técnica III
Fotointerpretação
José Domingues Leitão

PUBLICAÇÕES DA COMISSÃO TÉCNICA
SÉRIE: FOTOINTERPRETAÇÃO

Fundamentos para Fotointerpretação
Editor-Coordenador:
Paul S. Anderson, Ph.D.

Apresentação

A Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC) inaugura, com a edição do livro "Fundamentos para Fotointerpretação", uma nova fase em sua luta pelo desenvolvimento científico e tecnológico da Cartografia Brasileira.

Sendo uma das metas prioritárias do I PADCT – SBC, a edição de livros didáticos vem preencher uma lacuna em nossa especialidade, onde a carência de publicações em português é uma constante nas nossas Universidades, e iniciará importante etapa para a formação de uma bibliografia brasileira no setor cartográfico.

É portanto com júbilo que a SBC entrega a estudantes e profissionais esta obra que, estamos certos, será um marco no desenvolvimento de nossa tecnologia.

*ENGº CLAUDIO IVANOF LUCAREVSCHI, M. Sc.
Presidente da SBC*

Prefácio

Distinguido com o honroso convite para prefaciá-lo este livro, de autoria do ilustre Prof. Paul Anderson, faço-o com particular agrado, após compulsar seus originais e perceber que o autor filia-se à mesma escola que aprendi a preferir, por me parecer mais lógica, desde que me foi concedida a ventura de integrar a equipe de Donald Belcher, nos anos de 1954 e 55 — à época, reputado como expoente máximo da Fotoanálise e Interpretação, no consenso das nações em que essa excepcional ferramenta tecnológica já se encontrava alçada a um aceitável patamar de confiabilidade — e, por isso mesmo, convidado a participar do grandioso projeto de escolha do sítio ideal à localização da Nova Capital do Brasil.

Constitue, inegavelmente, a Fotointerpretação, revolucionária técnica de mapeamento e inventário dos recursos naturais da Terra que se utiliza de um sofisticado e elitista canal de comunicação entre a fotografia e o homem, aberto apenas àqueles que, à luz de conhecimentos muito profundos de Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Fitogeografia e outras ciências aplicadas correlatas, são capazes de perceber que sutis atributos — identificadores de características discriminativas dos elementos da natureza — são conferidos a uma imagem aerofotográfica ou espacial, e estruturam uma linguagem decifrável, exclusivamente, por quantos, além do mais, se apercebam dotados de qualidades inatas para fazê-lo e se apliquem, intensivamente, em desenvolvê-las e constantemente aprimorá-las.

Trata-se de uma obra em que o autor procura transmitir aos seus usuários toda a minudência tecnológica transferível através da linguagem léxica, inteligível a quantos venham a compulsá-la, restando, apenas, ao leitor complementar o cabedal de conhecimentos que dela possa extrair e absorver, mediante a conjugação de seus dons de imaginação, argúcia e facilidade de inferência, com a capacitação que lhe tenha proporcionado sua formação intelectual e profissional.

É marcante a preocupação do autor em explicitar as fontes de consulta a que recorreu e em mencionar os autores que o inspiraram, fato que o dignifica e muito valoriza a sua produção.

Este primeiro volume da obra de Paul Anderson oferece ao leitor a oportunidade ímpar de familiarizar-se com os meios a que recorre a fotointérprete para desempenhar esta função que tanto lhe exige de capacidade e dedicação, mas que, em contrapartida, tanto o gratifica com as revelações que lhe segreda.

Quer em termos de instrumental a empregar, e respectiva técnica operatória, como no que tange ao elenco das operações em que se estrutura a Fotointerpretação, o autor desce a minúcias que reduzem a um mínimo o esforço do leitor para informar-se, incursionando, até, na Fotogrametria para extrair de estereogramas aquelas informações quantitativas tão úteis em sua condição de coadjuvantes das chaves de interpretação, assim como na própria correlação dos elementos visíveis com os não visíveis em fotografias ou nas demais espécies de imagens proporcionadas por essa tecnologia que, durante tantos anos, contentou-se com o recurso, limitado, da câmara fotográfica e, nas últimas duas décadas, tão abrangente se tornou e tanto ainda promete oferecer para conhecimento global e minudente dos recursos naturais do nosso e de outros planetas do Sistema Solar, qual seja, o Sensoriamento Remoto.

Aqueles que bem absorverem os ensinamentos que o autor procura transmitir neste primeiro volume de sua obra, a qual pretende completar-se com uma série de outros tomos capazes de elevar o interessado a um plano técnico superior ao nível básico que este volume se propõe a garantir, resultarão preparados para explorar, com racionalidade, a ferramenta da Fotointerpretação na melhoria de seu desempenho profissional dentro da carreira que houver abraçado e, até mesmo, alcançar o mais alto patamar da Interpretação de Imagens que se configura na especialização, no próprio âmbito desta extraordinária técnica de levantamento, visando à pesquisa e desenvolvimento de novas metodologias e equipamentos que a aprimorem e ampliem, ainda mais, o lato campo de suas aplicações.

Que a eficácia deste volume estimule o autor a prosseguir na tarefa a que se propôs.

PLACIDINO MACHADO FAGUNDES
Professor de Fotogrametria na UERJ,
Presidente da Associação Nacional de Empresas
de Aerolevanteamento.

Nota Introdutória

Este livro, *Fundamentos para Fotointerpretação*, sistematicamente fornece as bases da fotointerpretação necessárias para a aplicação desta em qualquer ciência da terra ou do meio ambiente. Também, fornece a iniciação nos aspectos técnicos da fotointerpretação, os quais estão mais desenvolvidos no segundo volume programado, intitulado *Técnicas para Fotointerpretação*. Esses dois volumes mais o terceiro, intitulado *Bases do Sensoriamento Remoto*, formam o alicerce para a aplicação da interpretação de fotografias aéreas e outros sensores remotos em qualquer disciplina ou profissão. Também está planejada uma série de livros especializados por disciplinas: *Aplicação da Fotointerpretação e do Sensoriamento Remoto* (nº 4) na *Geologia e na Geomorfologia*; (nº 5) na *Ecologia e na Engenharia Florestal*; (nº 6) na *Agronomia e na Pedologia*; (nº 7) na *Engenharia Civil e nos Estudos Urbanos*; (nº 8) nas *Ciências Sociais*. Esses livros especializados não repetirão os fundamentos e técnicas, itens incluídos nos primeiros três volumes.

Todos esses volumes se combinam numa obra integrada intitulada *Fotointerpretação: Teoria e Métodos*. Essa publicação maior ainda depende de muito trabalho até que esteja terminada; somente acontecerá com as participações autorais de muitas pessoas, possivelmente até alguns dos leitores desta obra. Portanto, para os demais livros desta série, estou (como editor) tentando incorporar também uma coletânea de material produzido por diversos autores brasileiros. Em geral, esse material será extraído das apostilas elaboradas nas várias universidades que oferecem as disciplinas Fotointerpretação ou Fotogrametria. Para tanto, solicito sugestões de material para publicação, incluindo exemplos didáticos. O presente livro é exemplo do estilo, e utiliza contribuições de três pessoas do Brasil, exemplos de Brasília, e publicações do ITC da Holanda, traduzidas e modificadas para a realidade brasileira.

Mundialmente conhecido pelas iniciais ITC, o "International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences" está localizado em Enschede, Holanda, mas por quase vinte anos esteve sediado e associado com a cidade de Delft. O alcance do material do ITC é mundial. Vários diagramas reproduzidos de livros do ITC já apareceram em outros textos de fotointerpretação e fotogrametria, os quais, infelizmente, nem sempre creditam a autoria à sua fonte. A penetração do ITC em todos os continentes ocorre, também, por meio dos centros de ensino e pesquisa filiados e apoiados em grande parte por ele. Um deles está na Índia, outro na Nigéria e ainda outro em Bogotá, Colômbia, qual seja o reconhecido Centro Interamericano de Fotointerpretação (CIAF). Anualmente o CIAF recebe uma turma de aproximadamente trinta alunos procedentes de todos os países latino-americanos. A influência do CIAF na América Latina é considerável, através dos alunos nele formados (entre os quais estou incluído) e também do material didático lá preparado. Um dos principais livros usados no CIAF é um fascículo em espanhol, escrito pelo Professor Daniel Deagostini Routin, intitulado *Introducción a la Fotogrametria* (1970). O professor Deagostini também aproveita muito material do ITC, onde se formou.

Estou muito agradecido aos vários colaboradores que ajudaram a tornar possível este livro, especialmente ao Professor Eng. Cartógrafo Antônio Jorge Ribeiro, a Geógrafa Alcyone Vasconcelos R. Saliba, à minha esposa Noeli Vettori Anderson, e aos autores do material do ITC, A.P.A. Vink, H. Th. Verstappen, e D.A. Boon. Também merecem menção especial a Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército e a CODEPLAN (Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central),

que gentilmente permitiram a reprodução de cartas topográficas e fotográficas aéreas de seus arquivos técnicos. A todos dou crédito pelo que existe de bom neste livro. Entretanto, quanto aos erros e omissões que venham a ser detectados, assumo responsabilidade exclusiva. Para o aprimoramento progressivo deste texto nos anos vindouros, sugestões e conselhos serão bem-vindos, inclusive para aspectos de ensino (ver o AVISO SOBRE GUIAS DE ESTUDO E PRÁTICAS, a seguir). O objetivo é ampliar e melhorar o seu conteúdo para servir a todas as pessoas interessadas nos distintos aspectos da fotointerpretação.

PAUL S. ANDERSON

Departamento de Geografia e História
Universidade de Brasília

Brasília, dezembro de 1981.

Aviso Sobre Guias de Estudo e Práticas

Para facilitar o bom aproveitamento dos aspectos teóricos e práticos deste livro, foi escrito um *Guia de Estudos e Práticas* que utiliza este texto, um pacote com fotografias aéreas, e outros materiais necessários para que um universitário possa realizar seus estudos com um mínimo de supervisão. A experiência mostra que tal tipo de ensino individualizado proporciona maior aprendizagem por aluno e libera o professor para atender aqueles com problemas. O *Guia-Modelo Brasília A-1* já foi testado com êxito tanto em alunos com frequência obrigatória total quanto em alunos com frequência obrigatória parcial, estes divididos em três turmas de extensão à distância. Sua carga horária é de 45 a 60 horas, deixando a flexibilidade para a inclusão de outros tópicos.

Estão planejadas várias adaptações do *Guia* para circunstâncias e localidades específicas. Quando modificados, os guias darão estrutura e flexibilidade para o estudo de fotointerpretação em cursos curtos ou longos, e com ênfase em disciplinas diferentes, como a geografia, a engenharia civil, a geologia, a ecologia, etc.

Cópias do *Guia - Modelo Brasília* podem ser obtidas pelos professores de outras universidades e faculdades, incluindo os interessados em ser co-autores de um *Guia* destinado a uma região do Brasil. Para isto é preciso simplesmente escrever ao editor-coordenador deste livro, explicando a situação, as matérias, o número de alunos, a experiência e os desejos. Todo o possível será feito para apoiar, estruturar e oferecer matérias de fotointerpretação de ótima qualidade, mesmo quando faltar material ou professor especializado. Para as instituições que tenham dificuldades, o editor-coordenador (Prof. Anderson) está elaborando material e oferecendo todo um sistema para o ensino da fotointerpretação; para aquelas instituições já equipadas e com corpo docente especializado, o sistema oferece alguns subsídios sem a obrigatoriedade de seguir nenhum programa. (Um aviso sobre a disponibilidade do material e outros livros de interesse está no final deste volume).

ÍNDICE GERAL

FUNDAMENTOS PARA FOTOINTERPRETAÇÃO

Capítulos de Um a Nove da Série

FOTOINTERPRETAÇÃO: Teoria e Métodos

	Página
Apresentação	vii
Prefácio	ix
Nota Introdutória	xi
Aviso sobre Guias de Estudo e Práticas	xiii
Índice Geral	xv
Lista de Figuras	xviii

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO À FOTOINTERPRETAÇÃO

1.1 Definição	1
1.2 Níveis de fotointerpretação	1
1.3 Inter-relação da fotointerpretação com a fotogrametria e outras disciplinas	2
1.4 Um breve histórico	4

CAPÍTULO 2 – NÍVEIS E ESTÁGIOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO (ITC Publicação B-25 por A.P.A. Vink)

2.1 Introdução	7
2.2 Objetos visíveis na estereo-imagem e seus usos na fotogrametria	7
2.2.1 Visibilidade	7
2.2.2 Chaves de interpretação	8
2.2.3 Fotointerpretação topográfica	9
2.2.4 Qualidade da fotografia	11
2.3 Estágios da fotointerpretação	14
2.3.1 Detecção	14
2.3.2 Reconhecimento e identificação	16
2.3.3 Análise ou delimitação	16
2.3.4 Dedução	16
2.3.5 Classificação	17
2.3.6 Idealização	19
2.4 Níveis de Formação	19
2.4.1 Observação de fotografias	19
2.4.2 Diferentes pontos de vista	20
2.4.3 Diferentes níveis de formação e de fotointerpretação	21
2.4.4 Subdivisões dos níveis de formação	22
2.4.5 Níveis de formação especializado e específico	24

2.4.6 Níveis de formação em comum	25
2.5 Técnicas de interpretação	26
2.5.1 Etapas da fotointerpretação	27
2.5.2 Método sistemático	28

**CAPÍTULO 3 – PROBLEMAS METODOLÓGICOS DA
INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS**
(ITC Publicação B-32, 1965, por A.P.A. Vink, H.Th. Verstappen
e D.A. Boon)

3.1 Comentários sobre a metodologia da fotointerpretação.	31
3.1.1 A necessidade de uma metodologia	31
3.1.2 As ferramentas da fotointerpretação	32
3.1.3 Processos de interpretação.	35
3.1.4 O papel da geomorfologia e da vegetação	36
3.2 (A ser traduzido noutro volume da série)	38
3.3 (A ser traduzido noutro volume da série)	38
3.4 Comentários finais e conclusões	38
3.4.1 Fotointerpretação e levantamento de campo	38
3.4.2 Fontes de informação.	38
3.4.3 Conclusões.	39

CAPÍTULO 4 – ASPECTOS BÁSICOS DA FOTOINTERPRETAÇÃO

4.1 Introdução.	41
4.2 Elementos de reconhecimento	41
4.2.1 Tonalidade.	41
4.2.2 Forma.	42
4.2.3 Padrão.	42
4.2.3.1 Padrões de drenagem (Seleção do livro-texto do ITC, código VII. 1, por Dr. H. Th. Verstappen)	42
4.2.4 Densidade	45
4.2.5 Declividade	46
4.2.6 Textura	46
4.2.7 Tamanho	46
4.2.8 Sombra	47
4.2.9 Posição (geográfica ou regional)	47
4.2.10 Adyacências ou convergência de evidências	47
4.3 Aplicação dos elementos de reconhecimento	49
4.4 Características de um fotointérprete	49
4.5 Alguns passos para iniciar um trabalho de fotointerpretação	51
4.6 Uso de "Overlay" transparente.	51

**CAPÍTULO 5 – VISÃO ESTEREOSCÓPICA PARA A
FOTOINTERPRETAÇÃO**

5.1 Introdução à visão estereoscópica (visão binocular artificial)	55
5.2 Distância interpupilar	55
5.3 Obtenção de fotografias aéreas	57
5.4 Índices de fotografias aéreas	61
5.5 Observação de fotografias aéreas isoladas	63
5.6 Estereoscópios	64
5.6.1 Estereoscópio de lentes simples	64
5.6.2 Estereoscópio de espelhos	66
5.6.3 Visão estereoscópica sem ajuda de estereoscópios	67
5.7 Orientação de fotografias aéreas para observação estereoscópica	67
5.7.1 Introdução.	67
5.7.2 Alinhamento para a visão com um estereoscópio de espelhos	70
5.7.3 Alinhamento para a visão com um estereoscópio de bolso	72
5.8 Pseudoestereoscopia, estereoscopia, imagem plana e exagero vertical.	72
5.9 Notas sobre os cuidados a serem tomados com os olhos	74
5.10 Estereoscópios para duas pessoas	76

CAPÍTULO 6 – CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

6.1 Fotografias aéreas verticais e outras	77
6.2 Vantagens e desvantagens das fotografias aéreas verticais	78
6.3 Qualidade da foto-imagem.	80
6.4 Informação marginal	80
6.5 Sistemas de coordenadas nas fotografias aéreas	81
6.5.1 Coordenadas milimétricas (CMM)	81
6.5.2 Outras coordenadas	83
6.6 Orientação de fotos com mapas	84
6.7 Conservação de fotografias aéreas e equipamentos	85
6.8 Marcação do PP e do PPC	86

CAPÍTULO 7 – GEOMETRIA BÁSICA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

7.1 Câmaras aerofotográficas	87
7.2 Geometria básica	88
7.3 Cálculo de escala	90
7.4 Classificação de escalas	93
7.5 Câmaras aéreas e escalas	94
7.6 Deslocamento devido ao relevo (e às alturas dos objetos).	95

CAPÍTULO 8 – PARALAXE E DETERMINAÇÃO DE ALTURAS

8.1 Algumas observações sobre paralaxe	99
8.1.1 A paralaxe normal	99
8.1.2 Bifurcação de imagens	100
8.1.3 Paralaxe em “X” e em “Y”	101
8.2 Paralaxe do topo de uma pirâmide	102
8.3 Cálculo de alturas usando paralaxe	104
8.4 Medição de paralaxe absoluta.	104
8.5 Medição de diferença em paralaxe.	106
8.5.1 Quando o topo e a base do objeto são visíveis	106
8.5.2 Quando o topo e a base do objeto não são visíveis	109
8.6 Simplificação da fórmula de cálculo de alturas	109
8.7 Determinação de altura em uma fotografia isolada	109
8.8 Um exemplo diagramático.	110
8.9 Marca flutuante.	112

CAPÍTULO 9 – CONCLUSÃO DO VOLUME UM

APÊNDICES

Apêndice 1 Bibliografia Citada	117
Apêndice 2 Bibliografia Indicada para Consulta em Português (por Alcyone V.R. Saliba)	119
Apêndice 3 Índice de Assuntos de Obras em Português (por Alcyone V.R. Saliba)	127
Dados Biográficos dos Autores Contribuintes	131
Índice Remissivo	133
Aviso: Informação sobre o Plano de Publicações	135

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.1	Uma cópia de uma fotografia aérea (número 259) de Brasília	3
1.2	“Parlor Stereoscope”	5
2.1	Dois exemplos de chaves	9
2.2	Uma parte de uma carta topográfica	13
2.3	Um estereograma da Barragem do Lago Paranoá, Brasília	15
2.4	Diagrama de níveis de formação	23
2.5	Diagrama dos passos da produção fotográfica e de fotointerpretação	26
3.1	Imagem de radar de Brasília	33
3.2	Uma imagem do satélite LANDSAT da região de Brasília	37
4.1	Diferenças de tonalidades de água	43
4.2	Os principais padrões de drenagem	44
4.3	Densidades de drenagem	45
4.4	As sombras auxiliam na identificação de árvores	48
4.5	Quadro de elementos de reconhecimento	50
5.1	Uma distância interpupilar gigantesca	56
5.2	Variações da visão paralela e da visão convergente	57
5.3	Recobrimento longitudinal na tomada de fotografias aéreas	59
5.4	Recobrimento lateral entre duas fotografias aéreas de faixas diferentes	60
5.5	Recobrimento de fotografias aéreas mostrando desvio de deriva	60
5.6	Deriva e desvio na tomada de fotografias aéreas	61
5.7	Uma parte de um fotoíndice fotográfico da região de Brasília, vôo do ano de 1965	62
5.8	Um fotoíndice de margens da região de Brasília, vôo do ano de 1966	63
5.9	Um fotoíndice de pontos principais da região de Brasília, vôo do ano de 1977/78	64
5.10	Estereoscópio de lentes simples	65
5.11	Estereoscópio de espelho com barra de paralaxe	66
5.12	O exercício da “lingüiça” dos dedos	67
5.13	Dois testes de visão estereoscópica	68
5.14	Uso de um estereoscópio de bolso para ver um estereograma em terceira dimensão	69
5.15	Alinhamento de fotografias aéreas para visão estereoscópica	71
5.16	Três estereogramas diagramáticos mostrando as orientações básicas de um par de imagens	73
5.17	Três estereogramas fotográficos mostrando as orientações básicas de um par de imagens	74
5.18	Estereograma especial mostrando dois exageros verticais diferentes para uma mesma área	75
5.19	Dois tipos de estereoscópio dual	76
6.1	Tipos de fotos segundo a orientação da câmara	77
6.2	Fotografia aérea oblíqua	79
6.3	Exemplo do sistema de “Coordenadas Milimétricas” (CMM)	81

6.4	Exemplo do Sistema de "Quadrícula para Designação de Pontos" (QDP)	83
7.1	Esquemas de câmaras e lentes fotográficas	88
7.2	Ponto principal e ponto nadir numa foto inclinada.	89
7.3	Geometria básica de uma fotografia aérea vertical	89
7.4	Relação entre os tamanhos das fotografias	90
7.5	A fotografia aérea tem escalas diferentes para altitudes diferentes do terreno	92
7.6	Influência da altura de vôo e da distância focal na tomada de fotografias aéreas	94
7.7	Diagrama em perfil do deslocamento radial devido ao relevo numa fotografia aérea vertical	96
7.8	Deslocamento radial devido ao relevo e à altura.	97
7.9	Fatores que influem no deslocamento radial	98
8.1	Paralaxe é deslocamento aparente.	100
8.2	Paralaxe "diagonal" em relação aos eixos "X" e "Y" devido à inclinação da cabeça	101
8.3	Duas projeções de uma pirâmide (ABCD-T) dos pontos de observação O_1 e O_2	103
8.4	Determinação da paralaxe absoluta.	105
8.5	Relações entre fotobase e diferentes planos de níveis datum	106
8.6	Medição de diferença de paralaxe "dp"	107
8.7	Desenho mostrando a medição da diferença de paralaxe (dp) e a derivação da fórmula do cálculo de alturas usando a paralaxe.	108
8.8	A "dp" pode ser medida ao longo da linha de vôo, porém é mais exata medi-la diretamente nas imagens do topo e da base	108
8.9	Determinação da altura de um objeto usando somente uma fotografia aérea vertical	111
8.10	Um diagrama estereoscópico elaborado especialmente para exercitação visual e medição paraláxica e de recobrimento entre fotografias aéreas.	113

1

Introdução à Fotointerpretação

Paul S. Anderson
Antonio Jorge Ribeiro

1.1 DEFINIÇÃO

Uma definição básica de fotointerpretação aparece no *Manual of Photographic Interpretation* da Sociedade Americana de Fotogrametria: "Fotointerpretação é o ato de examinar imagens fotográficas com o fim de identificar objetos e determinar seus significados". Esta definição é demasiado simplista, pois existem diferentes tipos de imagens e diversos tipos de objetos. Ademais, esta definição não se refere às várias técnicas que se aplicam na fotointerpretação. Contudo, é uma explicação suficiente para quem se inicia nesse estudo. Muitos outros aspectos serão apresentados na presente publicação para ampliar essa definição e melhorar o entendimento do que seja a fotointerpretação.

É bom ter em mente que as fotografias aéreas convencionais são apenas um dos vários tipos de produtos resultantes do sensoriamento remoto, o qual inclui, também, imagens de radar, imagens tomadas de satélite, imagens termais e imagens em infravermelho, que estudaremos mais tarde. É muito importante entender que atualmente a grande maioria dos trabalhos de fotointerpretação é feita com técnicas simples, que existem há muitos anos e já estão bem desenvolvidas. Este conjunto de técnicas é o que entendemos normalmente como fotointerpretação: o exame de fotografias tiradas por aviões (geralmente fotografias verticais, ou seja, de eixos principais perpendiculares ao terreno). Existem muitos aspectos diferentes que consideraremos posteriormente, tais como: contrastes nas fotografias, escalas das fotos, tipos de câmaras aéreas usadas, recobrimento entre fotografias para possibilitar a visão estereoscópica, etc.

A visão estereoscópica pode ser obtida de várias maneiras, inclusive com a ajuda de um aparelho chamado estereoscópio. A técnica do uso do estereoscópio, assim como de outros instrumentos, será apresentada mais tarde, de forma a dar ao aluno uma maior compreensão teórico-prática simultaneamente. É importante saber que a visão estereoscópica não é obtida *necessariamente* com a utilização de um estereoscópio, mas é *facilitada* por este.

1.2 NÍVEIS DE FOTOINTERPRETAÇÃO

Qualquer pessoa pode identificar, por exemplo, zonas urbanas e rurais numa fotografia aérea. A zona urbana caracteriza-se por linhas (Fig. 1.1) distribuídas comumente em forma de malha, e a zona rural pela presença de áreas diferenciadas por tons e texturas, que identificam diferentes tipos de culturas. O trabalho de campo virá confirmar estas identificações iniciais. Este processo de identificação inclui algumas noções básicas de fotointerpretação.

Parece evidente que uma interpretação tão simples é quase como um passatempo. Esse nível mais simples de fotointerpretação é chamado *nível básico*, o qual

aproveita o conhecimento comum do observador (veja o nível "A" no Item 2.4.3). Para se caracterizar como uma técnica desenvolvida, a fotointerpretação deve ser muito mais exata e capaz de extrair mais informações da fotografia aérea. Essa fotointerpretação mais exata compreende três outros níveis: o *nível técnico*, o *nível profissional* e o *nível especializado*.

O *nível técnico* é atingido quando o fotointérprete aprende a fazer medições, identificações de vários tipos de objetos e a manipular fotografias aéreas, aproveitando o máximo das características da fotoimagem, sem ter conhecimento profundo em qualquer disciplina. O *nível profissional* surge com a manipulação das técnicas aprendidas no nível técnico e aplicadas a um determinado campo de atividade. O nível profissional está ligado às diversas profissões, como por exemplo: Engenharia Florestal, Agronomia, Geografia, etc.; ou seja, faz-se necessário uma disciplina profissional na qual a fotointerpretação seja aplicável (Veja os níveis D-J no Item 2.4.3). O último é o *nível especializado* (do pesquisador especialista), que tem lugar quando a pessoa usa a base teórica da fotointerpretação e das outras áreas do universo do Sensoriamento Remoto para o desenvolvimento de novas técnicas e aplicações para as imagens aéreas espaciais.

Logicamente, os quatro níveis (básico, técnico, profissional e especializado) não são nitidamente destacados. Eles formam uma cadeia contínua do conhecimento fotointerpretativo. Como ilustração, podemos citar que um técnico de nível superior (agrônomo, geólogo, etc) somente alcançará o nível profissional em fotointerpretação após um contínuo estudo de seus fundamentos e da aplicação de suas técnicas.

O objetivo deste livro e de outros da série é apresentar as técnicas de fotointerpretação para que um aluno dedicado possa chegar com confiança ao nível técnico. Outras práticas, textos mais avançados e práticas de campo são que elevarão o aluno do nível técnico ao nível profissional.

1.3 INTER-RELAÇÃO DA FOTOINTERPRETAÇÃO COM A FOTOGRAMETRIA E OUTRAS DISCIPLINAS

A fotointerpretação é uma técnica e não uma disciplina, como a geologia, a agronomia, etc. Como técnica, ela precisa estar ligada a, pelo menos, um ramo profissional. Assim, o profissional em fotointerpretação chamar-se-á fotogeógrafo, fotogeólogo, engenheiro florestal ou agrônomo especializado em fotointerpretação, etc. Provalmente, nunca será chamado simplesmente de fotointérprete. Logo, a fotointerpretação engloba um conjunto de técnicas que se aplica tanto à fotogeologia, quanto à fotoecologia, aos estudos de zonas urbanas e tantos outros. Esse elenco de técnicas constitui a base da Fotointerpretação.

Muitas dessas técnicas dependem de medições, e as medições sobre fotografias aéreas constituem o objetivo da fotogrametria. A fotogrametria é usada na fotointerpretação do mesmo modo que a matemática é usada nas outras ciências: aplica-se muita matemática e estatística em estudos florestais, econômicos, etc., porém o engenheiro florestal ou agrônomo não precisa ser matemático, embora precise de conhecimentos básicos de matemática e estatística. O mesmo acontece com a fotogrametria em relação à fotointerpretação. Precisamos de um entendimento de fotogrametria, especialmente nos aspectos relevantes para a fotointerpretação. Mas, como a matemática, a fotogrametria é uma disciplina exata e tem seu próprio conjunto de técnicas, seus instrumentos e objetivos. Um fotogrametrista, especialista em medições em fotografias, que se utiliza de sofisticadas máquinas para produzir mapas topográficos, etc., *não* precisa ser fotogeólogo ou agrônomo. Ele se ocupa das características das fotografias aéreas e não das características das imagens contidas nessas fotografias aéreas.

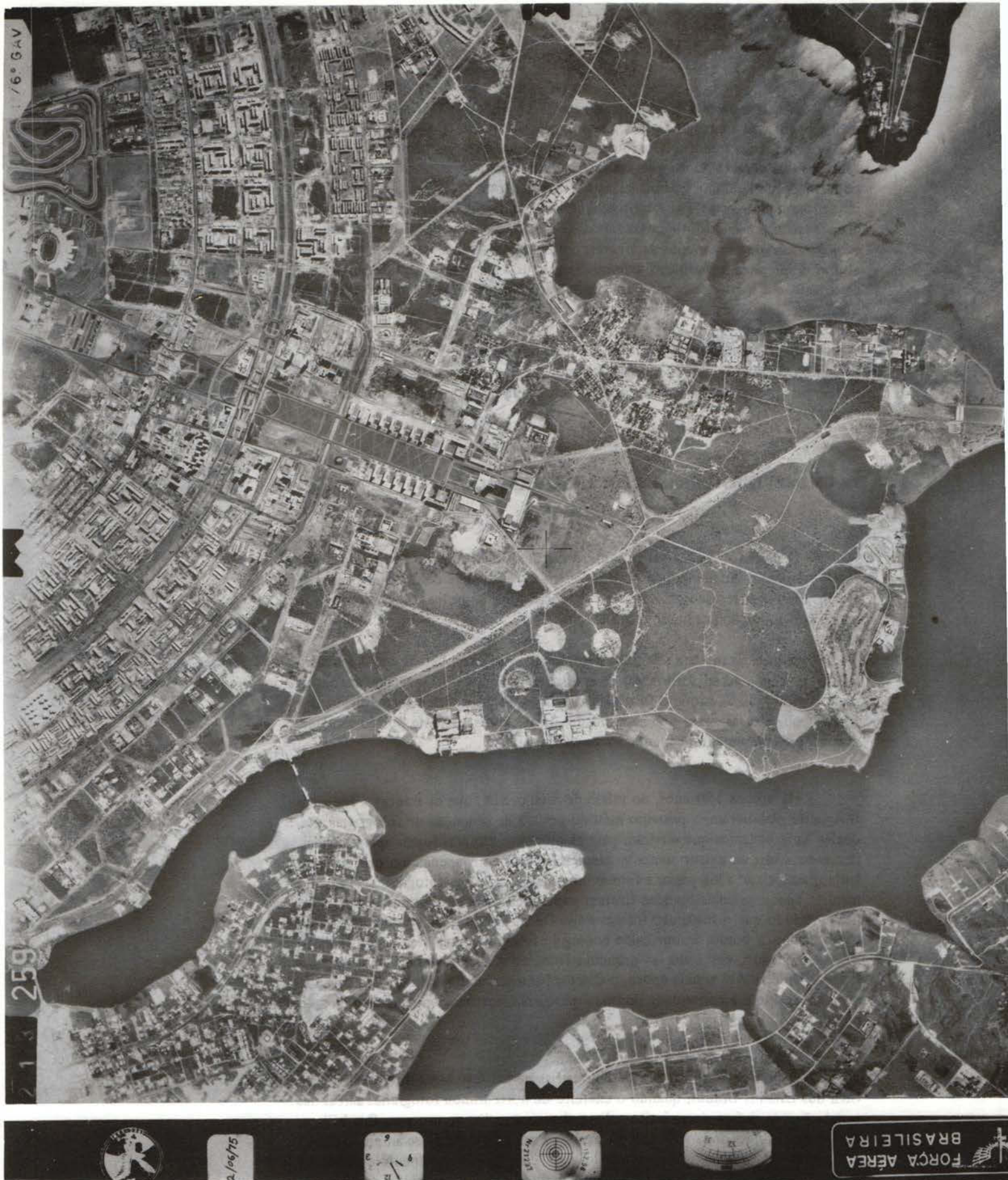


FIGURA 1.1 – Uma fotografia aérea (número 259) de Brasília. Mais detalhes são visíveis em cópias fotográficas, do que em cópias offset como esta. (Vôo feito pela FAB; foto cortesia da CODEPLAN)

A fotogrametria é uma disciplina muito bem desenvolvida e exige um bom conhecimento de matemática. Ela tem sua própria área de aplicação. A fotointerpretação usa, com frequência, a fotogrametria básica e chega a ser *quantitativa*. Os fundamentos para a fotointerpretação quantitativa serão apresentados neste livro. O objetivo é que o aluno aprenda essas técnicas e depois aplique-as de acordo com seus próprios interesses. Por exemplo: precisamos da fotogrametria para fazer medições de alturas usando fotografias aéreas. Contudo, um engenheiro florestal ou um ecólogo faz medições apenas de árvores; um estudioso de zonas urbanas determina alturas de prédios; um geólogo determina espessuras de camadas estratigráficas; um cartógrafo usa a fotogrametria para medir variações do relevo e traçar curvas de nível; um militar utiliza a fotogrametria para medir a altura de obstáculos para carros de combate.

Tentamos dizer, com isto, que a fotogrametria tem diversas aplicações, dependendo dos diferentes interesses profissionais; mas as técnicas são as mesmas e podem ser aprendidas por todos esses diferentes profissionais, com base nos mesmos exemplos.

1.4 UM BREVE HISTÓRICO DA FOTOINTERPRETAÇÃO

O desenvolvimento da fotointerpretação é relativamente recente, mas suas raízes remontam ao tempo de Aristóteles, na Grécia, mais de 300 anos antes de Cristo. Ele fez observações e desenvolveu teorias sobre assuntos fotográficos que ficaram sem aplicação por mais de 2.000 anos.

A história moderna da fotointerpretação é uma combinação do desenvolvimento da tecnologia em várias áreas do conhecimento humano, especialmente nas de material fotográfico, câmaras fotográficas, aviões, etc, etc. Estes desenvolvimentos foram realizados às vezes por necessidade, outras vezes somente por curiosidade, mas sempre com uma fundamentação científica.

Há apenas 150 anos, no início do século XIX, que os franceses Niepce e D'Aguerre elaboraram o primeiro método prático de obtenção de fotografias. Naqueles anos, as lentes que serviram para as primeiras câmaras foram aperfeiçoadas, deixando assim de existir somente câmaras escuras com apenas um orifício, sem lente, para deixar a luz passar e formar imagens em emulsões fotográficas. Também naquela época, grandes homens fizeram experimentos com enormes balões, e foi nesse período que o fotógrafo francês Felix De Turnachon, mais tarde, conhecido como Nadar, a bordo de um balão conseguiu fotografar uma área perto de Paris. Dois anos depois, em 1860, as primeiras fotografias eram tomadas de balões nos Estados Unidos. Até aquela época, o desenvolvimento da fotografia aérea deveu-se mais ao deleite e à curiosidade do que à pesquisa científica com fins de aplicação prática.

O primeiro uso efetivo de fotografias aéreas teve lugar durante a Guerra Civil dos Estados Unidos, quando o exército do norte tomou fotografias aéreas das instalações de defesa do exército sulino, demonstrando seu uso para fins bélicos, porém inexistindo ainda a tecnologia para que sua utilização fosse ampla. O próximo grande passo da fotointerpretação foi dado com o desenvolvimento do avião no início do século XX. Durante a Primeira Guerra Mundial, os exércitos de ambos os lados usaram fotografias tomadas de aviões, mostrando as situações e defesas do inimigo. Nos períodos de intensa atividade militar, os vários exércitos processaram mais de *dez mil fotografias por dia*. Portanto, é quase inacreditável que, durante

aquela guerra, alguns militares fossem contrários ao desenvolvimento da fotografia aérea, não considerando de alto valor o seu emprego e, até mesmo, retardando o seu uso por quase 20 anos.

Durante as décadas de 1920 a 1930, um número notável de trabalhos foi elaborado e publicado, aplicando-se a fotointerpretação à geologia, à engenharia civil, à geografia, à ecologia, à arqueologia e à engenharia florestal. Estes trabalhos foram realizados principalmente na América do Norte e na Europa, freqüentemente sob a influência de pessoas com experiência na guerra anterior.

Com o grande desenvolvimento de câmaras aerofotográficas, aviões, etc., desenvolveu-se uma nova disciplina, a qual foi denominada fotogrametria. Os princípios da visão estereoscópica (veja o Capítulo 5) já eram conhecidos por centenas de anos, e aplicados para diversão, no século passado, com pares de perspectivas desenhadas a mão ou com pares de fotografias terrestres (horizontais). Um aparelho conhecido na mesma época era o "Parlor Stereoscope" ("estereoscópio de sala") (veja a Figura 1.2). As técnicas cinematográficas já eram bastante desenvolvi-

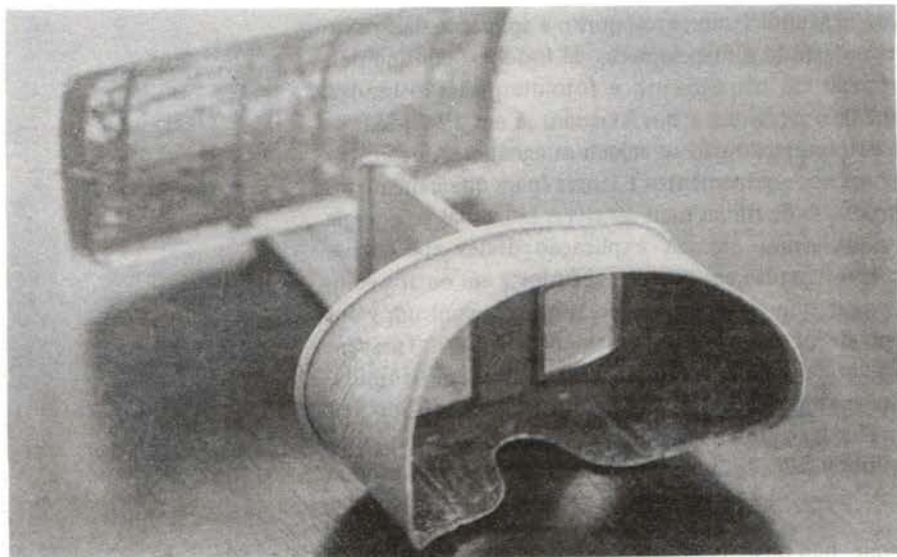


FIGURA 1.2a. — Um estereoscópio de sala



FIGURA 1.2b. — Estereograma do ano 1903, com título "Uma Visita Inesperada".
Veja pequeno rato branco na mesa.

FIGURA 1.2 — "Parlor Stereoscope"

das na década de 1930, época dos filmes cinematográficos em terceira dimensão. Essas técnicas são, até hoje, empregadas pelas fotogrametria e fotointerpretação estereoscópicas. A utilização de fotografias aéreas, das técnicas e dos equipamentos fotogramétricos para produzir mapas, especialmente mapas topográficos, teve um grande impulso nos anos de 1920 a 1930, por governos que queriam mapear seus países. Durante a Segunda Guerra Mundial os militares voltaram a dar ênfase (como fazem até hoje) à fotointerpretação. Esta história está bem documentada no *Manual of Photographic Interpretation*, 1960, páginas 8 a 12. As técnicas de fotointerpretação já salvaram milhares de vidas por ajudar no planejamento de importantes atividades militares. Mas, também, erros na interpretação de fotografias podem custar vidas e derrotas. Assim, os ministérios militares de vários países gastaram, e continuam gastando, enormes verbas no desenvolvimento de novos sistemas fotográficos, sensores remotos, aviões e foguetes para transporte das câmaras aerofotográficas. Quando estas técnicas militares são liberadas para uso público, os usuários particulares recebem uma tecnologia cujo desenvolvimento já foi custeado por um governo.

Depois da Segunda Guerra Mundial aumentou muito a aplicação da fotointerpretação e da fotogrametria no estudo e mapeamento de todos os continentes. Muitas das técnicas fotogramétricas de mapeamento e fotointerpretação usadas, hoje, são as mesmas que foram desenvolvidas e que existiam já em 1945. Mas as disciplinas fotogrametria e fotointerpretação não se acham estagnadas. Ainda estão se realizando novos melhoramentos nos equipamentos e lentes (para que haja menos distorção nas fotografias), na produção de filmes mais sensíveis às bandas de energia do espectro eletromagnético não-visíveis, etc.. A explicação destes aperfeiçoamentos e suas aplicações serão apresentadas em outros capítulos e em outros volumes. O importante agora é lembrar que a fotografia aérea, mesmo com um valor inestimável, é somente um tipo de produto do sensoriamento remoto. Também existem imagens de radar, imagens termais e outros sistemas que usam os fundamentos de televisão. Além desses aperfeiçoamentos, hoje em dia está sendo aproveitada a capacidade humana para lançar foguetes e cápsulas espaciais com astronautas e satélites não-tripulados para obtenção de imagens a partir de uma plataforma espacial.

A história mostra-nos que, não obstante algumas técnicas ainda estarem em fase de pesquisa, chegarão a ser, no futuro, métodos comuns de produção de mapas, como já aconteceu com as idéias de Aristóteles e dos pioneiros da fotografia, das câmaras aerofotográficas e dos aviões. Uma outra lição legada pela história é a de que os desenvolvimentos tecnológicos estão ocorrendo progressiva e rapidamente, e que temos razão para acreditar que muitos avanços ainda nem pensados terão lugar num futuro próximo.

Níveis e Estágios de Fotointerpretação

A.P.A. Vink
(ITC Publicação B-25, 1964)

2.1 INTRODUÇÃO

A fotointerpretação é geralmente usada de uma forma empírica. Entretanto, dever-se-ia dar mais atenção à maneira como esta técnica é usada e distinguir entre a interpretação de objetos visíveis (fotointerpretação direta) e a de objetos não-visíveis (fotointerpretação correlativa).

O conhecimento aplicado à fotointerpretação é subdividido em muitos “níveis de formação” diferenciados. O vazio entre a foto-imagem e esses níveis de formação é corrigido pelo uso das técnicas de interpretação. O emprego sistemático dessas técnicas é indispensável para satisfazer o que as ciências modernas estão a exigir, isto é, o aproveitamento máximo da potencialidade da imagem fotográfica.

O aumento da necessidade de levantamentos topográficos e temáticos de áreas imensas tem estimulado o desenvolvimento de melhores métodos para a interpretação de fotografias aéreas. A experiência metodológica daí advinda está descrita, de um modo geral, em relatórios e publicações acessíveis, principalmente, apenas aos especialistas de cada disciplina isoladamente. O tipo de utilização dado a esta nova ferramenta depende, em grande parte, da disciplina na qual é aplicada, sendo este o comportamento normal. Não obstante, parece haver chegado o momento de descrever os procedimentos típicos empregados na fotointerpretação.

A técnica de interpretação de fotografias aéreas tem se desenvolvido principalmente através de métodos empíricos. Para melhor explorar seus limites e suas possibilidades, esse método deveria ser baseado num entendimento fundamental do *porque e como* certas atividades são incluídas ou omitidas.

Os pensamentos que se seguem ocorreram ao autor durante uma troca de idéias com o Decano e o corpo docente do ITC, e com colegas de muitas partes do mundo. A literatura de vários autores foi consultada em diferentes etapas. Numa longa lista de referências seria impossível evitar se todas as contribuições para estes pensamentos fossem citadas. Como isto não é uma bibliografia de fotointerpretação, o autor prefere arcar com a responsabilidade dos seus pensamentos.

2.2 OBJETOS VISÍVEIS NA ESTEREO-IMAGEM E SUA APLICAÇÃO NA FOTOGRAMETRIA

2.2.1 Visibilidade

A visibilidade de objetos em fotografias aéreas nunca é direta, e sim através da visão de representações em foto-imagens. Entretanto, a palavra “visibilidade” indica o fator mais importante: o fotointérprete está vendo. Essa visibilidade varia consideravelmente, e isto se deve a dois aspectos principais:

1. Certas características próprias dos objetos;
2. O tipo, a escala e a qualidade das fotografias.

Existem também outros aspectos que influenciam a visibilidade de um par de fotografias; por exemplo, o tipo e a qualidade do instrumento (estereoscópio), e a acuidade da visão estereoscópica do intérprete. Contudo, neste capítulo inicial, não tocaremos nestes assuntos.

A visibilidade própria de objetos de naturezas diferentes é um fator fundamental na fotointerpretação. Uma vegetação pode ser vista na foto-imagem, porém é óbvio que muitos aspectos dessa vegetação nunca podem ser vistos desta maneira (como raízes e folhas individuais, etc.). Todavia, algumas importantes características morfológicas podem ser usadas para a determinação do tipo de vegetação. Alguns aspectos quantitativos, tais como o volume aproximado de madeira, também podem ser determinados. Outros objetos de visibilidade relativamente boa são: casas, estradas, veículos, gelo, água e muitos fenômenos geomorfológicos. Às vezes, em geologia, os tipos de rochas são diretamente visíveis na foto-imagem. A visibilidade direta de solos, por outro lado, só é possível em alguns casos excepcionais. Mesmo assim, a parte dos solos que é visível é somente a da superfície. Por isso é impossível determinar as características mais essenciais dos solos.

Essas diferenças de visibilidade conduzem a diferentes abordagens da fotointerpretação, e, nos casos onde o mesmo método é usado, os efeitos frequentemente são muito diferentes. Eles também levam a diversas combinações da fotointerpretação com a investigação de campo.

A visibilidade de qualquer objeto na foto-imagem nunca é de cem por cento. Mas ainda, nenhum objeto pode ser totalmente investigado olhando-se somente o seu exterior. Portanto, todas as disciplinas que usam a fotointerpretação também precisam de investigação de campo, "controle do terreno", "amostras de campo", "verificação de campo", "verdade terrestre", etc.; e, em muitos casos, investigações laboratoriais (química, física, botânica, petrográfica) são também essenciais. A fotointerpretação militar muitas vezes é realizada sem este apoio, mas isto é devido a aspectos particulares da fotointerpretação de áreas ocupadas pelo inimigo. Sabe-se porém que, sempre que possível, os serviços de informações tentam adicionar dados de campo às indicações obtidas pela fotointerpretação.

2.2.2 Chaves de interpretação (veja a Figura 2.1)

Quando os objetos oferecem visibilidade própria na foto-imagem estereoscópica, as foto-chaves podem ser de grande valia. O uso das chaves depende em grande parte, entretanto, do propósito da fotointerpretação. Sabe-se que a fotointerpretação militar tem sempre feito bom uso de chaves, mas, por causa disto a utilização para outras finalidades tem sido grandemente exagerada. Na fotointerpretação militar, e em alguns outros tipos de fotointerpretações, principalmente as topográficas, as chaves de objetos com visibilidade direta provaram ser de uso fácil e valioso para pessoas com pouco ou nenhum treinamento especializado. Porém, as chaves possuem uma degradação de utilidade. Elas se tornam menos valiosas com o grau de especialização do usuário, até perderem sua utilidade para o especialista, porque os parâmetros que ele leva em consideração são muito complexos e não podem ser classificados e ilustrados com exemplos "típicos" em chaves. Na maioria dos casos de fotointerpretação científica, as chaves têm apenas importância e aplicação para uma região geográfica específica. Isto é verdade mesmo para as ciências como a geomorfologia, a geografia, e a engenharia florestal nas quais a maioria dos objetos em estudo é bem visível na foto-imagem. Mesmo o uso limitado das chaves somente é possível se o intérprete possuir suficiente conhecimento especializado da sua disciplina. (veja o Item 2.4 sobre níveis de formação).

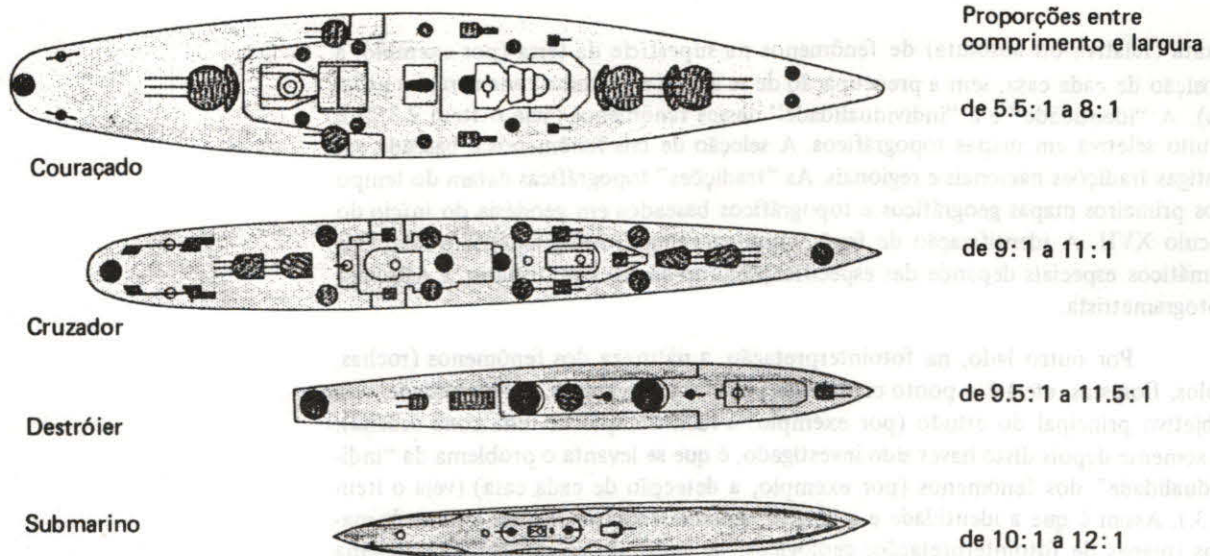


FIGURA 2.1a. — Chave diagramática de navios militares (Fonte: U.S. Dept. of Navy)

Cerrado baixo (CB) Forma irregular; presença de sombras; porte médio; textura média; tonalidade escura.
Campo limpo (CL) Forma irregular; ausência de sombras provenientes de vegetação; textura fina; tonalidade intermediária.
Campo sujo (CS) Forma irregular; presença de sombras provenientes da vegetação arbustiva esparsa; textura fina; tonalidade intermediária.
Culturas anuais (CN) Formas regulares; ausência de sombras; textura aveludada, muitas vezes marchetada; tonalidade de clara a intermediária.
Café (CF) Formas regulares; talhões pequenos; espaçamento característico; ausência de sombras; porte baixo; textura das árvores impreceptível; tonalidade intermediária.

Figura 2.1b — Chave Descritiva para Fotointerpretação de Vegetação em Fotografias Pancromáticas (Fonte: Marchetti e Garcia, 1977, páginas 179-180)

Figura 2.1 — Dos Exemplos de Chaves

Para objetos que são parcial ou completamente não visíveis, tais como solos e muitas outras formações do subsolo, o uso das foto-chaves é ainda mais limitado e, muitas vezes, não existe. Nestes casos, a fotointerpretação funciona por correlação com aqueles aspectos ou “elementos” que são diretamente visíveis. O tipo e a quantidade de correlação entre objetos visíveis e não visíveis, na fotointerpretação, variam de caso para caso, e de localidade para localidade. Somente os especialistas suficientemente treinados em cada ciência em separado tão bem quanto neste particular tipo de fotointerpretação podem manusear as várias técnicas requeridas. O desenvolvimento das técnicas de fotointerpretação correlativa somente ocorre quando pesquisas fundamentais e sistemáticas em cada ciência a que ela está relacionada são realizadas.

2.2.3 Fotointerpretação Topográfica (veja a Figura 2.2)

Os fotogrametristas realizam uma atividade de fotointerpretação maior do que muitas vezes se imagina. A diferença entre o uso de fotografias aéreas na fotogrametria e na fotointerpretação pode ser parcialmente considerada como uma mudança de ênfase. A fotogrametria está primeiramente preocupada com a localização

exata (relativa ou absoluta) de fenômenos na superfície da terra (por exemplo, a posição de cada casa, sem a preocupação de se a casa está numa zona rural ou urbana). A “identidade” e a “individualidade” desses fenômenos (veja o Item 2.3.2) é muito seletiva em mapas topográficos. A seleção de tais fenômenos é baseada em antigas tradições nacionais e regionais. As “tradições” topográficas datam do tempo dos primeiros mapas geográficos e topográficos baseados em geodésia do início do século XVII. A identificação de fenômenos para mapas fotogramétricos com fins temáticos especiais depende das especificações fornecidas pelo usuário, e não pelo fotogrametrista.

Por outro lado, na fotointerpretação, a natureza dos fenômenos (rochas, solos, florestas, etc.) é o ponto crítico das ciências interessadas. A “identidade” é o objetivo principal do estudo (por exemplo: a identificação de uma zona urbana). E somente depois disto haver sido investigado, é que se levanta o problema da “individualidade” dos fenômenos (por exemplo, a detecção de cada casa) (veja o Item 2.3.). Assim é que a identidade e a individualidade são expressas em termos de mapas (mapas de fotointerpretação: geológicos, de solos, de vegetação). O problema da “localização” também é considerado, mas em geral trata-se apenas da “localização relativa” entre os fenômenos mapeados (e não a “absoluta”, como nos trabalhos de fotogrametria). Preferencialmente o mapa base é uma carta topográfica feita por fotogrametristas, que fornece a localização absoluta dos objetos; porém, seu uso não é obrigatório.

A fotointerpretação realizada por fotogrametristas está principalmente preocupada com objetos visíveis, cujas naturezas, tanto quanto possível, são estabelecidas por reconhecimento direto na foto-imagem. O tipo de objeto mapeado é, na maior parte dos casos, determinado por tradições locais ou nacionais, e sua interpretação é ajudada pelo conhecimento local dos fenômenos. Como estes fenômenos, em geral, consistem de uns poucos grupos simples (como prédios, estradas, drenagens, florestas, pastos e terras aráveis), eles requerem geralmente aquele conhecimento que um nativo tem do seu país. Sempre que necessário esse conhecimento é complementado por um reconhecimento pré-interpretativo, isto é, uma visita curta ao campo pelo operador para comparar os fenômenos no campo com os objetos visíveis nas fotografias aéreas. Desta maneira eleva-se o “nível de informação local” (veja o Item 2.4). Esse nível é comprovadamente suficiente para uso geral. Para cartas fotogramétricas com fins específicos, especialistas (em geografia, vegetação, solos) devem ser consultados. Isto também pode ajudar a evitar “abuso” (overstepping) da finalidade de um mapa topográfico comum, e ainda garantir a inclusão no mapa de um número suficiente de acidentes para orientação do mapa e da foto no campo, para que aquele tenha valor prático.

A visibilidade e a identificação têm também uma importância particular com respeito à quantidade de inspeções de campo a serem feitas. Estas inspeções de campo fazem a ligação entre a carta fotogramétrica esboçada e o mapa final. Muitas vezes não nos damos conta da similaridade entre esses processos, e de como as inspeções de campo fazem, no mesmo sentido, a ligação entre mapas esboçados e finais de fotointerpretação. Essa verificação de campo é necessária para controlar o “reconhecimento” preliminar dos objetos visíveis. Claro que a fotogrametria não tem a intenção de fazer pesquisa nesses objetos, mas esse é um aspecto presente em todas as verificações de campo para as “ciências interpretativas”. Um pouco de “análise” (veja o Item 2.3.3) é também praticada na fotogrametria; neste caso, o trabalho de campo é de maior importância ainda.

As verificações de campo para mapas fotogramétricos são freqüentemente chamadas de “levantamentos finais de campo”. Sua similaridade com as especificações feitas para levantamentos fotointerpretativos (como de solos) é indicada pelo fato de que uma “melhor organização” do trabalho completo é obtida se a pessoa que faz a interpretação fotográfica leva a efeito, mais tarde, o levantamento final de

campo, por causa de seu conhecimento do conteúdo das fotografias e dos mapas em preparação. Os dados registrados nessas verificações incluem: classificação de estradas, padrão de drenagem, vegetação, dados administrativos tais como toponímia, divisões políticas, etc. Embora aquela seja a "melhor organização" do trabalho, o procedimento normal no mapeamento topográfico é o de divisão das tarefas, pois é mais econômico que os operadores dos instrumentos fotogramétricos fiquem no gabinete e os cartógrafos no campo. Assim, o engenheiro cartógrafo encarregado do levantamento final é o homem que tem a maior parte da responsabilidade pela qualidade do mapa como um todo. (Notas de aula do Professor Schemerhorn, ITC). Aquela divisão de trabalho não ocorre na maior parte dos levantamentos em fotointerpretação.

Os detalhes necessários para uma fotointerpretação topográfica e seu trabalho de campo dependem das instruções dadas para cada tipo de trabalho. E estas instruções dependem também de uma série de circunstâncias, incluindo limites financeiros, escala e finalidade dos mapas. Em levantamentos técnicos ou cadastrais, as condições encontradas são mais restritas do que em trabalhos topográficos de escalas menores. No último caso, quando o conhecimento do local pelo operador é satisfatório, as instruções do levantamento podem basear-se numa seleção daqueles critérios que podem ser vistos e reconhecidos diretamente na foto-imagem, para que possa reduzir-se ao mínimo o trabalho de "levantamento final de campo". Este aspecto tem uma importância particular para levantamentos topográficos de pequena escala sobre áreas grandes de terreno inacessível. Até certo ponto, a fotogrametria tem a possibilidade de "selecionar" os objetos a serem identificados e mapeados (ou omitidos), em contraste com a maior parte dos trabalhos da fotointerpretação para outras ciências, onde se precisa aproveitar toda a informação das foto-imagens. Na fotointerpretação topográfica, uma certa quantidade de interpolação é permitida entre objetos visíveis. Por exemplo, uma estrada pode estar coberta por copas de árvores num certo trecho, embora o objeto, que é a estrada, seja inerentemente visível. Esta interpolação também pode causar dificuldades, especialmente se não for prestada a devida atenção durante o "levantamento final". Por exemplo, a localização de cursos de água em florestas densas é um caso impreciso e enganador.

Em mapas topográficos, e também na maioria dos "mapas temáticos" (mapas das "ciências de interpretação": geologia, pedologia, vegetação, etc.), a legenda é um ponto crucial. Decisões sobre a legenda de qualquer mapa devem ser tomadas com o máximo de atenção para certos pontos, a saber:

- 1) finalidade do mapa,
- 2) escala final do mapa,
- 3) visibilidade na foto-imagem dos objetos a serem mapeados,
- 4) possibilidade de verificação por trabalho de campo ou levantamento final,
- 5) habilidade do operador e do topógrafo no campo,
- 6) tempo disponível,
- 7) período de tempo no qual o mapa poderá manter-se válido.

2.2.4 Qualidade da fotografia

O tipo, a escala e a qualidade das fotografias aéreas determinam a visibilidade dos objetos e até que ponto eles podem ser "detectados" (veja o Item 2.3.1). Muitos objetos detectáveis facilmente em fotografias de escalas maiores (casas, veículos, árvores) não podem ser vistos em fotografias de escalas menores. O uso das combinações de diferentes filtros para filmes e de diferentes tipos de câmaras (normal, grande-angular e super-grande-angular) também tem uma influência notável na visibilidade. O contraste de detalhes, a densidade total, as condições atmosféricas do dia e a época do ano da tomada da fotografia são fatores de importância na qualidade da imagem.

BRÁSÍLIA-NE



Primeira edição-DSG
Primeira impressão- 1972

ÍNDICE DE NOMENCLATURA:
FOLHA SD.23-Y-C-IV-3-NE

SINAIS CONVENCIONAIS

Nesta folha considera-se que uma via tenha a largura mínima de 2,5 metros
A cor rosa representa zonas urbanizadas nas quais só aparecem construções de edifícios

RODOVIAS

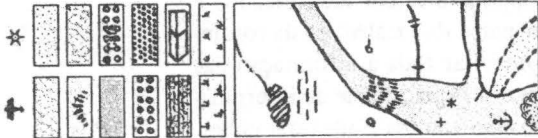
- Transitável todo ano:
 - Revestimento sólido, duas ou mais vias:
 - Revestimento sólido, duas ou mais vias:
 - Revestimento sólido, uma via:
 - Revestimento solto ou ligeiro, uma via:
 - Transitável em tempo bom e seco, revestimento solto:
- Caminho, Trilho:
- Prefixo de estrada: federal, estadual:

ESTRADAS DE FERRO

- Bitola larga:
- Bitola estreita:

LIMITES

- Internacional:
- Estadual:
- Linha transmissora de energia, Cerca:
- Igreja, Escola, Mina:
- Moinho de vento, Moinho de água:
- Ponto trigonométrico, Referência de nível:
- Ponto astronômico, Ponto barométrico:
- Cota comprovada, Cota não comprovada:



PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: CÓRREGO ALEGRE — MINAS GERAIS
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 45° W. GR."
ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA DO CENTRO DA FOLHA EM 1972: 16° 06' W. CRESCER 9' ANUALMENTE.
CONVERGÊNCIA MERIDIANA DO CENTRO DA FOLHA: +45' 59".
DIREITOS DE REPRODUÇÃO RESERVADOS
A DSG AGRADECE A GENTILEZA DA COMUNICAÇÃO DE FALHAS OU OMISSÕES VERIFICADAS NESTA FOLHA.

EXEMPLO DE OBTENÇÃO DE COORDENADAS PLANAS DE UM PONTO DESTA FOLHA COM 100 METROS DE APROXIMAÇÃO

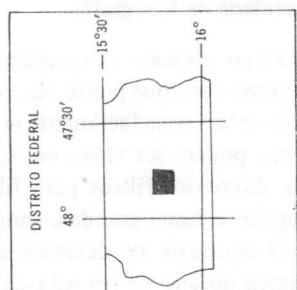
NÃO SE DEVEM TOMAR EM CONTA os algarismos em TIPO PEQUENO de qualquer número da quadricula, esses algarismos são para determinar os valores complementares das coordenadas. Utilizam-se SOMENTE os algarismos de TIPO GRANDE. Exemplo: 193 000

PONTO UTILIZADO COMO EXEMPLO: IGREJA

- Localiza-se a linha VERTICAL da quadricula situada imediatamente à esquerda e a linha HORIZONTAL da quadricula superior ou inferior da folha. Estimam-se os décimos (do intervalo da quadricula) entre a linha mencionada e o ponto: 97 5
- Localiza-se a linha HORIZONTAL da quadricula situada imediatamente abaixo do ponto e lêem-se os algarismos de TIPO GRANDE correspondentes a ela, na margem esquerda ou direita da folha. Estimam-se os décimos (do intervalo da quadricula) entre a linha mencionada e o ponto: 52 1

EXEMPLO de referência: 97 521

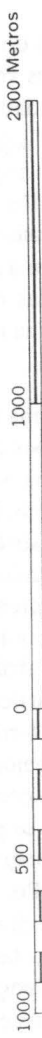
SITUAÇÃO DA FOLHA NO ESTADO



ÍNDICE DAS FOLHAS ADJACENTES

SOBRADI-NHO-SO	SOBRADI-NHO-SE	SD.23-Y-C-IV-2-SO
BRÁSÍLIA-NO	BRÁSÍLIA-NE	SD.23-Y-C-IV-4-NO
SD.23-Y-C-IV-3-SO	SD.23-Y-C-IV-3-SE	SD.23-Y-C-IV-4-SO

Escala 1:25.000



EQÜIDISTÂNCIA DAS CURVAS DE NÍVEL: 10 METROS

DATUM VERTICAL: IMBITUBA — SANTA CATARINA

Folha levantada, desenhada e impressa pela DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO-BRASIL. Fotografias aéreas de 1971 da FAB. Apoio básico e apoio suplementar em 1971. Restituição fotogramétrica executada em aparelho de 2ª. ordem em 1972.

ÍNDICE DA COBERTURA

ROLO	FAIXA	FOTOS
—	01	003 a 006
—	02	015 a 018

FIGURA 2.2a. — Legenda para a figura 2.2

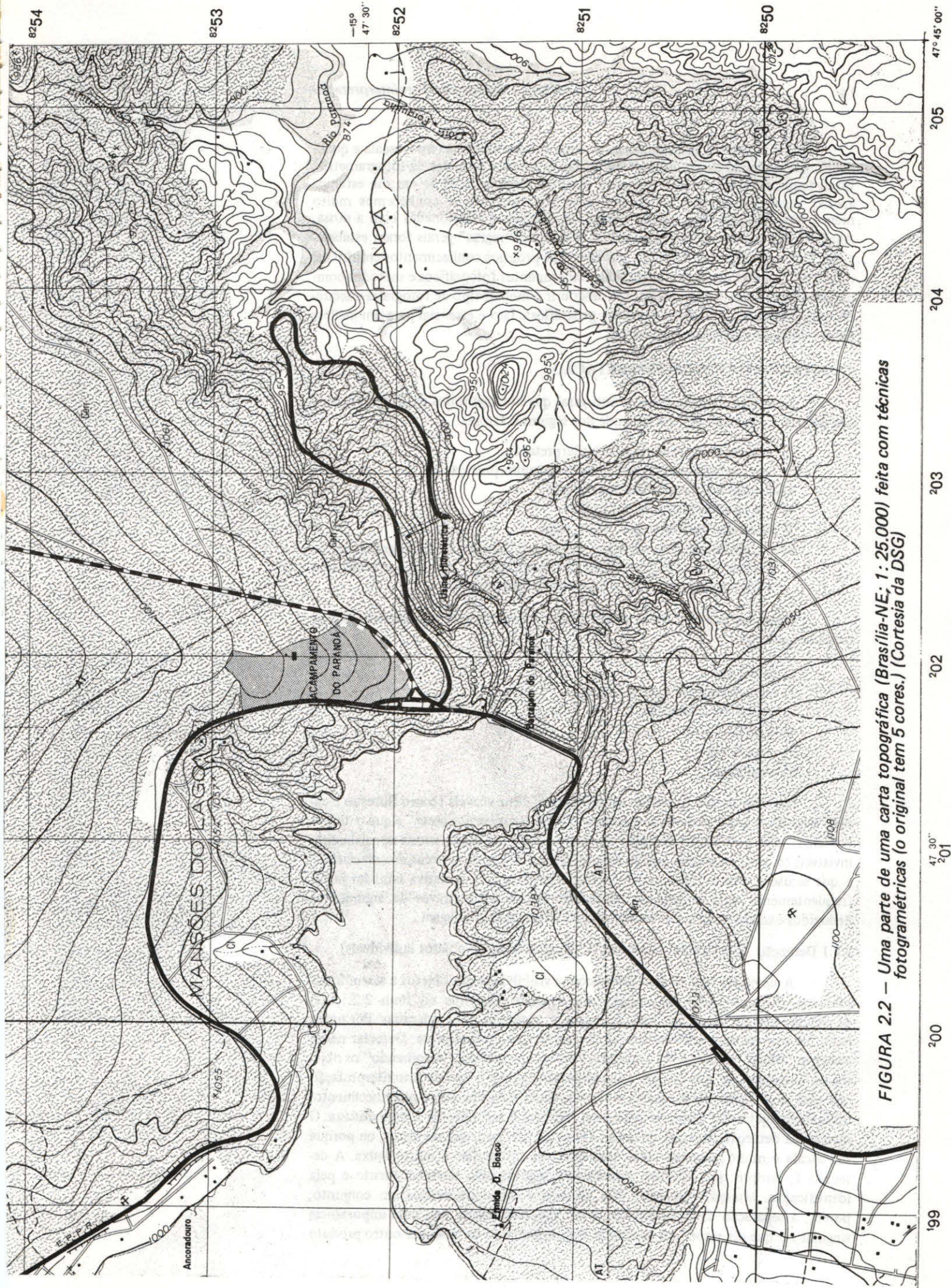


FIGURA 2.2 — Uma parte de uma carta topográfica (Brasília-NE; 1: 25.000) feita com técnicas fotogramétricas (o original tem 5 cores.) (Cortesia da DSG)

Em relação às características de uma fotografia aérea (tipo, escala e qualidade), as exigências da fotointerpretação são diferentes daquelas da fotogrametria. Esses requisitos também diferem para distintas disciplinas. Hoje em dia estamos apenas vagamente cientes de nossos próprios requisitos, e conhecemos muito menos dos requisitos dos nossos colegas de disciplinas relacionadas com a nossa. Algumas teorias têm sido desenvolvidas e algumas “regras” gerais foram estabelecidas. Os fotointérpretes terão que reavaliar seus próprios conhecimentos empíricos, e também aqueles dos fotogrametristas. Experimentos fotográficos e métodos comparativos terão que ser usados para se descobrir o melhor tipo de fotografia adequado para diferentes disciplinas e regiões geográficas. Isto é essencial para um melhor desenvolvimento da fotointerpretação.

2.3 ESTÁGIOS DA FOTOINTERPRETAÇÃO

Fotointerpretação é um termo geral que abrange todos os diversos processos descritos. Basicamente, ela depende dos seguintes fatores:

- 1) da pessoa que executa a fotointerpretação,
- 2) do propósito para o qual ela faz a fotointerpretação,
- 3) dos tipos de fotografias disponíveis,
- 4) dos tipos de instrumentos usados,
- 5) da escala e outros requisitos do mapa,
- 6) do conhecimento correlato disponível através da bibliografia ou de qualquer outro levantamento por sensoriamento remoto que tenha sido ou que venha a ser feito dentro do mesmo projeto.

Quase sempre, em todas as disciplinas, são usados os seguintes estágios na fotointerpretação:

- 1) detecção,
- 2) reconhecimento e identificação,
- 3) análise ou delimitação,
- 4) dedução,
- 5) classificação,
- 6) idealização.

No caso da interpretação de fenômenos bem visíveis (como florestas e casas), sugerimos que seja usada a expressão “*fotointerpretação direta*” e que o termo “*objetos*” seja o utilizado. No caso da interpretação de fenômenos essencialmente invisíveis (solos), propomos que se faça referência a “*fotointerpretação correlativa*” e que se use o termo “*elementos*”. A fotointerpretação correlativa também inclui freqüentemente uma parcela de raciocínio. Isto é feito através de argumentos deduzidos exclusivamente das características vistas na foto-imagem.

2.3.1 Detecção (“detection”; descoberta; discriminação de objetos individuais)

A detecção tem relação direta com a visibilidade dos objetos a serem interpretados. Portanto, está relacionada aos aspectos descritos no Item 2.2.: tipo de objeto, tipo de disciplina, tipo de escala, e qualidade das fotografias. Por outro lado, ela está relacionada também ao conhecimento do intérprete. Detectar não é somente “olhar” o objeto. Na realidade, é fazer uma seleção, “escolhendo” os objetos ou elementos de acordo com a sua importância para o tipo de fotointerpretação que está sendo feita. Ela é, muitas vezes, diretamente ligada com o reconhecimento, no qual o objeto não é apenas visto, mas também é reconhecida a sua natureza. O inverso da detecção ocorrerá quando os objetos não puderem ser vistos, ou porque sua escala é muito pequena ou a qualidade das fotografias é muito baixa. A detecção é, sempre que possível, diretamente seguida pelo reconhecimento e pela identificação. Muitas vezes estes três elementos são considerados em conjunto, porém, a separação da detecção como um processo básico tem uma importância singular no que diz respeito à qualidade da fotografia ou de qualquer outro produto



FIGURA 2.3 — UM ESTEREO-TRIPLE: da Barragem do Lago do Paranoá, Brasília, fotografias 260, 261, 262 data 22/6/75, f = 152,56mm. (Cortesia da CO-DEPLAN)

de sensor remoto. Esse estágio é também de grande valor nas disciplinas, tais como a engenharia florestal, onde a separação de objetos tem grande importância, ou seja, quando é necessário ver cada árvore individualmente e não apenas a floresta como um todo.

2.3.2 Reconhecimento e identificação

O reconhecimento e a identificação são, muitas vezes, combinados e chamados de "foto-leitura". Ambos estão relacionados a objetos claramente visíveis na fotografia. Em alguns casos, o processo é similar ao de leitura de palavras numa frase. Isto ocorre especialmente no caso da reconhecimento direto, que é a classificação imediata de um objeto diretamente visível, dentro de uma categoria já conhecida no momento de sua detecção na foto-imagem (por exemplo, um rio). A categoria deverá ser de alguma maneira relevante para a interpretação em andamento. A identificação é menos direta que a "leitura"; portanto, a palavra "photo-spelling" indica melhor esse processo envolvido. A foto-identificação é definida como sendo "a classificação (denominação) de um objeto ou elemento diretamente visível, por meio de conhecimento específico ou local, com ou sem o uso de chaves ou outros meios de informação". O reconhecimento e a identificação estão suficientemente relacionados para que os tratemos em um só grupo. Basicamente eles são processos semelhantes, através dos quais se estabelece "o que é" o objeto ou o elemento. Mas, a identificação difere do reconhecimento em relação ao conhecimento pessoal e à informação disponível ao fotointérprete. Pela definição observamos que eles podem ser separados. Assim, preferimos estas duas palavras ao invés de apenas "foto-leitura".

2.3.3 Análise ou Delineação (divisão de tipos)

A análise é usada de muitas maneiras pelos diferentes fotointérpretes. Às vezes ela é usada para indicar o processo integral da fotointerpretação. Trata-se, certamente, de um ponto crucial. Porém, o uso dessa palavra para todo o processo da fotointerpretação não mantém o seu significado verdadeiro. Sendo assim, deixa um vácuo para a referência exata de um ponto muito importante da fotointerpretação, que é também chamado "delineação" ou "delimitação". *Análise é o processo de delineação de grupos de objetos ou de elementos que têm uma individualidade identificável pela fotointerpretação.* Nela, as linhas de delimitação são traçadas separando-se esses grupos, e as próprias delimitações podem ser classificadas da seguinte maneira: "de confiança", de "moderada confiança" e de "pouca confiança". Porém, as superfícies delineadas não precisam ser classificadas. A "individualidade" é estabelecida, mas a "identidade" fica para o processo de classificação. Esta distinção de categorias é muito útil, particularmente na "interpretação correlativa". Mapas foto-analíticos de grande utilidade podem ser elaborados desta maneira. Um exemplo bem típico pode-se encontrar na fotointerpretação para levantamentos detalhados de solos, onde a foto-classificação adequada é impossível, mas a análise (delimitação) de áreas é de grande valor.

2.3.4 Dedução

A dedução é um processo mais complexo, pois, se fundamenta essencialmente na convergência de evidências. Estas evidências são derivadas de objetos bastante visíveis ou de elementos que fornecem uma informação parcial da natureza de certas indicações correlativas. A dedução pode ser usada para separar diferentes grupos de objetos ou elementos; neste caso, ela está mais relacionada ao processo de análise. Por exemplo: às vezes precisa-se deduzir se um limite ou uma fronteira tem ou não continuação.

Freqüentemente a dedução tem seu lugar na classificação. Pode-se mesmo dizer que não existe classificação sem algum tipo de dedução. A dedução pode ser

feita em níveis diferentes. No que diz respeito a objetos ou elementos altamente visíveis, a dedução pode levar a conclusões ou hipóteses funcionais, através das suas diferenças e similaridades. Se isto for feito por um fotointérprete experiente, pode proporcionar uma redução no volume das investigações de campo, embora não possa eliminá-las. Se a dedução é usada para estabelecer as diferenças e similaridades da natureza dos objetos invisíveis, deve-se tomar ainda maior cuidado para evitar conclusões apressadas. Neste caso, mesmo fotointérpretes altamente qualificados podem cometer sérios enganos.

Exemplificando, a dedução na ocorrência de certos sistemas fisiográficos (como coberturas glaciais, deposições eólicas, e vales com rios meândricos) e seus componentes ("kames", "eskers", dunas, depressões, diques, "pointbars", "playas", "backswamps") tem uma relação direta com os objetos (elementos) visíveis na estereó-imagem. Entretanto, a dedução da natureza dos solos nesses sistemas e em seus componentes não é justificada a menos que observações especiais de campo tenham sido feitas antes da fotointerpretação. Os depósitos glaciais variam desde areia grossa (tipo cascalho com podzóis) até argila com solos podzóicos cinza-escuro; também as dunas podem ser de argila ou de areia; e nos depósitos dos rios encontra-se todo tipo de texturas, classes de drenagem e grupos de solos. Portanto, a dedução através da natureza dos objetos, principalmente a dos diretamente invisíveis, pressupõe correlação, que, *se existir*, tem apenas uma validade local muito limitada. Esta validade deve ser estudada de antemão e, se for suficientemente confiável, leva a métodos de investigação por interpolação e, em alguns casos especiais, por extrapolação.

O mesmo princípio pode ser aplicado à fotogeologia: a delimitação de contatos de formações geológicas pode, muitas vezes, ser feita sem um raciocínio especificamente dedutivo. Faz-se a interpretação litológica por meio de deduções baseadas nas evidências geomorfológicas. Isto é muito arriscado e, em muitos casos complexos, somente uma verificação de campo poderá proporcionar os dados necessários. Alguns tipos de deduções podem ser feitas automaticamente por um especialista que esteja bem familiarizado com um determinado sistema local. Este processo se assemelha muito com o processo de "reconhecimento". Ainda assim, a experiência ensina que é aconselhável estar ciente da distinção entre dedução e reconhecimento.

2.3.5 Classificação

A classificação inclui (1) a descrição da superfície delimitada pela análise (2) a sua organização num sistema apropriado para o uso nas investigações de campo (ou para a publicação final, se já existir uma quantidade suficiente de observações de campo) e (3) a codificação necessária para expressar esse sistema. Na fotointerpretação, a classificação se baseia na comparação das superfícies a serem classificadas. Esta comparação é feita de duas maneiras: comparação a curtas distâncias (dentro de um estereó-modelo), e a longas distâncias (dentro do projeto, usando uma foto-montagem ("lay-out") ou comparando estereoscopicamente uma seleção de fotografias). Muitas vezes o processo de classificação é designado pelo termo "fotointerpretação". É verdade que, na maioria dos casos, o processo de classificação é a fase final da fotointerpretação, e como a maioria das conclusões ou hipóteses é feita nesta etapa, a classificação muitas vezes é confundida, pelo leigo, com a fotointerpretação. Porém, o uso da palavra "classificação" expressa melhor o específico processo mental envolvido. A vantagem do uso explícito deste termo é que deixa o vocábulo "fotointerpretação" livre para o seu uso próprio como termo geral que cobre todas as várias etapas e procedimentos empregados separada ou conjuntamente.

A classificação estabelece a "identidade" das superfícies ou objetos delimitados pela análise. No caso de objetos diretamente reconhecíveis, ela pode ser

feita, até certo ponto, em termos da natureza dos mesmos objetos (casas, estradas, canais, rios, árvores, detalhes geomorfológicos). No caso de objetos não muito visíveis (solos, muitos fenômenos geológicos e aspectos humanos), ela terá de ser feita em termos de elementos ou sistemas visíveis. A classificação da natureza dos mesmos objetos tem de esperar, então, até que um número suficiente de "observações classificatórias" tenha sido efetuada no campo. A classificação como processo à parte não inclui a nomeação simples das linhas de delimitação da análise de acordo com sua confiabilidade. Isto é considerado como parte da análise. A classificação como um dos processos de interpretação está relacionada aos próprios objetos e elementos. Em muitos casos, ela é a classificação de superfície, e noutros (estradas, canais e rios) estas superfícies podem ser tão pequenas que, na maioria dos mapas, têm de ser representadas por linhas. Outras vezes, os objetos e elementos a serem interpretados são também representados por linhas (indicações estruturais e fraturas geológicas). Isto certamente pertence ao processo de classificação. A compreensão do fenômeno observado é igualmente importante, porém expressada de modo diferente, mais adaptável à natureza dos fenômenos.

A codificação é uma parte fundamental da classificação. Em algumas disciplinas a tendência é usar sistemas padronizados de codificação (topografia, geologia, engenharia florestal), enquanto que em outras (pedologia) prefere-se um método mais flexível, pelo menos atualmente. A classificação implica numa série de decisões um tanto complexas. Se muitos códigos diferentes forem aplicados, haverá o perigo de não existirem duas partes, num mesmo mapa, que tenham a mesma indicação. Neste caso, todo o elemento de classificação poderia ter sido eliminado, porque a classificação é essencialmente um agrupamento de fenômenos. Não existem dois indivíduos exatamente iguais, porém para classificá-los temos que agrupá-los de acordo com aqueles aspectos que, de um certo ponto de vista, salientam seus aspectos mais característicos; outros aspectos que se julga serem menos importantes são desprezados. O esforço mental a ser aplicado neste caso é muitas vezes considerável, mas deve ser feito para que a classificação tenha êxito. O uso de combinações arbitrárias de fatores individuais conduz à confusão ("legendas descontroladas"), e freqüentemente produz resultados absurdos (veja também o *U.S. Soil Survey Manual* — páginas 124 — 126). A classificação na fotointerpretação é realizada, na maior parte das vezes, numa base hipotética. Esta base é produzida pelos aspectos que os objetos ou elementos mostram na foto-imagem a um intérprete com certo nível e tipo de conhecimentos. Em geral, a interpretação deve ser verificada no campo, e somente depois disso é que a classificação final poderá ser empregada. Portanto, a classificação na fotointerpretação deve ser aplicada muito sistematicamente para que seja fácil lê-la e alterá-la depois, caso seja necessário. Se estas condições forem preenchidas, torna-se muitas vezes útil fazer uma classificação fotointerpretativa preliminar mais detalhada do que o número final de classes planejadas. Na pesquisa de solos, uma classificação simples, com "delineamentos analíticos" adicionais em algumas áreas, muitas vezes produz uma base de trabalho muito satisfatória para investigações de campo.

A classificação é o aspecto principal das investigações de campo. Isto é válido para diferentes ciências, como a fotogrametria e a pedologia. Contudo, existe uma diferença muito importante na quantidade e intensidade das investigações de campo usadas para estabelecer as classificações. O levantamento final de campo de uma "interpretação fotogramétrica" não requer investigações científicas sobre a natureza dos objetos mapeados. Nenhum fotogrametrista pensará em investigar a construção de diferentes casas, exceto para reconhecer que uma estrutura é uma casa, a outra um galpão, e a terceira um galinheiro. Para muitos intérpretes a investigação científica somente começa a tomar forma durante o trabalho de campo. A pesquisa sobre a natureza dos objetos mapeados (rochas, solos, vegetação) é o propósito

principal destas investigações. Dentro das investigações de campo feitas por "intérpretes", contudo, pode-se fazer uma certa diferenciação entre as de rotina e as científicas. As investigações (levantamentos) de rotina são mais de "produção", como no caso da busca de certos tipos de materiais para propósitos práticos e limitados. Por outro lado, as investigações (pesquisas) realmente científicas tentam obter um quadro "completo" para a disciplina envolvida. A primeira (rotina) aproxima-se mais do levantamento topográfico usando classificações existentes para entender o local do estudo, enquanto que a última tem uma ênfase diferente, que é a de ampliar o campo de conhecimentos das disciplinas. Às vezes, as duas podem ser combinadas ao efetuar-se uma pesquisa em uma amostra de áreas experimentais escolhidas com cuidado dentro de um levantamento rotineiro. Em fotogeologia, a interpretação é forçada a obter o "quadro mais razoável", mas dados de campo são necessários para testar o valor deste quadro e resolver as indicações obtidas pela fotointerpretação, que são muitas vezes contraditórias. A fotointerpretação detalhada é muitas vezes útil para planejar testes de campo mais eficientes.

2.3.6 Idealização

A idealização é um aspecto próprio de todo trabalho cartográfico. Trata-se do processo de traçar uma linha que é a representação "ideal" ou "padronizada" do que realmente se vê na foto-imagem. Ela é de particular importância em levantamentos cadastrais, onde quer que uma extensa delimitação (valeta, cerca) tenha que ser representada num mapa em escala grande. Isto também é verdade para muitos casos de mapas em escalas grandes de recursos naturais, onde freqüentemente uma transição gradual, no campo, tem que ser representada por apenas uma linha no mapa. A situação real da natureza é esquematizada por essa representação. Torna-se evidente que a idealização é de grande importância no processo de "análise". Este processo (idealização) é muitas vezes feito tão automaticamente que mesmo os intérpretes e cartógrafos não se dão conta que de fato o utilizaram. Como a classificação, a idealização também requer uma habilidade bem definida de tomar decisões. Uma vez estabelecido que ela é uma parte normal da fotointerpretação e do trabalho de campo subsequente, torna-se mais fácil para muitos fotointérpretes decidir onde traçar as linhas, etc. Tanto quanto possível, estas decisões devem ser baseadas em sólidas instruções iniciais da investigação. Porém, na fotointerpretação isto muitas vezes não é possível. Algumas diferenças entre mapas feitos por diferentes pessoas podem ser explicadas desta maneira.

A idealização é diferente da generalização, que é a representação esquemática de fenômenos. Isto é mais evidente nos mapas em escalas pequenas. A generalização é um tipo diferente de método cartográfico, porém a aproximação mental, nestes dois processos, é muito semelhante.

2.4 NÍVEIS DE FORMAÇÃO ("Reference Levels")

2.4.1 Observação de fotografias

Qualquer pessoa que olha para uma fotografia está fazendo fotointerpretação. Fundamentalmente este não é atributo particular de qualquer ciência (nem as fotografias aéreas nem o uso da visão estereoscópica). Quando uma pessoa olha uma fotografia de seus colegas de universidade ou de emprego, ou as fotografias que tirou durante suas férias, está fazendo fotointerpretação. Se ela olha para uma fotografia de sua própria família é capaz de reconhecer e identificar diretamente todas as pessoas, talvez identificar o traje de uma delas e até em que loja foi comprado. Se a fotografia foi tirada há muitos anos, ela ainda é capaz de deduzir, por um certo número de características, quando e onde as fotografias foram tiradas, o que as pessoas estavam fazendo e até algo sobre o meio ambiente, a temperatura, etc. Se ela olha para uma fotografia semelhante mas de outra família, pode reconhecer

quais as pessoas que são homens e quais as que são mulheres, ou quem são (se os conhece). Mas certamente não pode deduzir e classificar tantos outros detalhes. O mesmo ocorre quando uma pessoa observa fotografias que possuem registro de objetos e paisagens vinculados às suas férias e compara-as com as de outra pessoa. Durante todas as observações mencionadas neste parágrafo, a fotointerpretação foi aplicada. A interpretação é feita quase inconscientemente quando os objetos são conhecidos do observador. Ela é mais difícil quando o observador desconhece os objetos, a qual, então, exige um processo mental consciente. Ambas as situações, consciente e inconsciente, pertencem à interpretação. As diferenças entre elas são chamadas "níveis de formação" ("Reference levels").

Nível de formação pode ser definido como "a quantidade de conhecimentos que se encontra na mente de qualquer pessoa ou grupo de pessoas que interpretam fotografias". Como já foi demonstrado, isto é verdadeiro para todas as fotografias, sejam elas terrestres, de raio-x, eletro-microscópicas, ou aéreas. Pode-se afirmar que isto também se aplica para todos os tipos de "quadros" de visualização da informação: mapas, plantas, pinturas, desenhos, fotos, etc. Os seguintes parágrafos limitam-se ao assunto em pauta, ou seja, fotografias aéreas observadas para obtenção da imagem estereoscópica.

2.4.2 Diferentes pontos de vista

Ouve-se dizer, freqüentemente, que na fotointerpretação somente se encontra aquilo que, em princípio, se está procurando. Até certo ponto, isto é verdade. O geólogo encontrará estruturas geológicas e diferentes tipos de rochas na mesma foto-imagem em que o engenheiro florestal descobrirá diferentes tipos de florestas e medirá o diâmetro das copas e a altura das árvores. Da mesma maneira, nessa foto-imagem o pesquisador de solos encontrará elementos que prometem ter uma certa correlação com diferenças de solos. Por outro lado, em geral todos os fotogrametristas e fotointerpretes poderão encontrar as mesmas coisas, tais como casas, estradas, árvores (sem indicação do tipo de floresta), etc. Até certo ponto todos poderão reconhecer, identificar, delimitar e classificar diferenças na utilização de terras. Todos os que trabalham em geociências poderão, pelo menos parcialmente, usar estes processos na interpretação de aspectos geomorfológicos: rios, depósitos glaciais, vulcões, praias, etc. Os canadenses terão uma maior facilidade para interpretar aspectos glaciais, ao passo que os japoneses ou os chilenos poderão interpretar muito mais facilmente as diferenças entre vulcões; os iraquianos poderão interpretar "Tells" (restos de antigas cidades) muito mais facilmente do que os holandeses; e estes últimos poderão interpretar "polders" e diques com menos dificuldade. Assim, o conhecimento regional também é importante para a interpretação. (Nota do editor: A palavra "regional" refere-se à região e posição geográfica em geral, e não a um lugar específico, que seria melhor chamado de "localidade", veja o Item 4.2.8).

Os pedólogos e geólogos que estão familiarizados com os processos específicos de sistemas glaciais serão capazes de melhor interpretar fotografias nas quais estes sistemas predominem. Eles terão também muito mais conhecimento em comum do que com geólogos e pedólogos especializados em aspectos de zonas áridas. Assim, também o conhecimento especializado de processos e sistemas específicos têm importância para a fotointerpretação.

Em todos os casos, um bom treinamento em técnicas de interpretação é importante (veja o Item 2.5). Quando uma pessoa possui um bom treinamento nas técnicas de interpretação, o fator decisivo da sua habilidade de fazer uma boa interpretação para um objetivo específico é o seu nível de conhecimento científico, tanto o genérico quanto o especializado na disciplina de sua formação profissional

acadêmica. Este nível de conhecimento científico é chamado de "nível de formação do intérprete" ("reference level"). De fato, o nível de formação adequado para o levantamento é de suma importância. Uma boa técnica de interpretação somente pode ser ensinada a pessoas com um nível de formação suficientemente desenvolvido.

2.4.3 Diferentes níveis de formação e de fotointerpretação

No diagrama da Figura 2.4 estão indicados alguns níveis de formação e seus relacionamentos com os níveis de fotointerpretação. Esse diagrama pode ser lido de cima para baixo; aqui, contudo, sua discussão é dirigida de baixo para cima. (Nota do editor: Destacamos que um alto nível de formação não garante um alto nível de fotointerpretação se o observador não possui os conhecimentos técnicos. Por exemplo, um bom geólogo não consegue fazer fotogeologia de bom nível sem saber manusear muito bem as fotografias. Também, é notável que um excelente fotogeólogo não pode fazer tão bem a fotoecologia porque lhe falta a formação adequada em ecologia. Porém, os níveis de formação e de fotointerpretação coincidem entre pessoas com experiências semelhantes tanto na parte técnica quanto na disciplinar).

2.4.3.1. Níveis gerais

Os três níveis de formação geral e de fotointerpretação são o (A) preliminar, o (B) básico e o (C) técnico. O nível "A", no diagrama citado, indica que, para todas as pessoas que trabalham com fotografias aéreas, um bom grau de cultura geral é essencial. Elas precisam estar acostumadas a raciocinar sistematicamente e ter um conhecimento básico de matemática, física, química, geografia e biologia. Estes formam as bases para a aprendizagem dos níveis de formação específicos exigidos por uma disciplina qualquer. Assim, todas as pessoas que trabalham com fotografias aéreas devem, primeiramente, obter um nível de formação que lhes permita terem "conhecimentos elementares de interpretação". É necessário que elas entendam pelo menos os limites dos processos de reconhecimento e identificação, e que se conscientizem das "armadilhas" existentes em vários casos, para que possam consultar os especialistas adequados em tempo de evitar sérios erros.

Em muitos casos, os alunos universitários começam a aprender fotointerpretação simultaneamente com uma disciplina de formação, penetrando assim no nível "básico" (B). Nesse caso, inicia-se prestando atenção especialmente a objetos visíveis na foto-imagem estereoscópica, ainda que algumas indicações da "interpretação correlativa" devam ser fornecidas para que as pessoas possam estar cientes das necessidades e das dificuldades do levantamento específico. Um conhecimento elementar de geomorfologia tem um grande valor nesse nível "B". A razão disto é que a morfologia da superfície da terra é realmente usada por todas as pessoas que trabalham com fotografias aéreas. Portanto, requer-se pelo menos um mínimo de entendimento desse assunto. A vegetação e o uso da terra são, até certo ponto, mapeados ou usados como elementos de interpretação em todas as disciplinas; e isto se mantém para alguns aspectos humanos (áreas urbanas, tipos de povoamento, transporte, etc.). Alguma noção de física é necessária para entender as imagens desses objetos produzidas em diferentes tipos de fotografias aéreas.

O nível técnico "C" exige um bom entendimento da teoria e da aplicação das técnicas de fotointerpretação e da fotogrametria aplicada à fotointerpretação. Sem alcançá-lo, não é possível aproveitar ao máximo a informação existente nas fotografias aéreas. (Veja os Capítulos de 10 a 18, que compõem o segundo volume dessa série, o qual intitula-se "TÉCNICAS PARA FOTOINTERPRETAÇÃO").

2.4.3.2. Níveis semi-especializados e especializados

Depois da absorção das bases e técnicas da fotointerpretação, os usuários normalmente dividem-se segundo seus interesses profissionais. Eles podem ser identificados em quatro grupos principais: o das ciências cartográficas, o das geociências, o das ciências biológicas, e o das ciências humanas. Dentro de cada um existe um grau comum de conhecimentos e um nível de formação "semi-especializado". É importante lembrar que o nível de formação deve ser acompanhado por um nível de fotointerpretação "profissional iniciante", baseado no uso sistemático das técnicas aprendidas e na consulta à bibliografia científica.

A fotointerpretação no nível "profissional avançado" é acompanhada por níveis de formação ainda mais especializados. Nesse nível existem dois aspectos principais. Primeiro, o uso da fotointerpretação em grandes projetos de mapeamento temático sistemático. Por exemplo, o mapeamento, em escala média, dos solos de um estado ou região exige profissionais de fotointerpretação aplicada à pedologia. Neste caso a ênfase está na *produção* cartográfica; a pesquisa envolvida refere-se apenas à coleta dos dados.

O segundo aspecto é a aplicação da fotointerpretação avançada na pesquisa propriamente dita, dentro de uma disciplina. Por exemplo, um pedólogo que desejar testar uma hipótese sobre a erosão de um certo tipo de solo em diferentes declives pode utilizar-se da fotointerpretação para identificar zonas, selecionar amostras dentro delas, comparar a situação atual (através de fotografias do presente) com uma anterior (através de fotografias do passado), e até testar, estatisticamente, hipóteses construídas com dados extraídos das fotografias. Neste caso a ênfase está na pesquisa, porém frequentemente o resultado também é a produção de um mapa para o relatório final.

O nível "inovador" envolve pesquisas sobre os métodos, as técnicas e as teorias da fotointerpretação e da fotogrametria. Um exemplo é o avanço do sensoriamento remoto multiespectral, tanto na obtenção de imagens aéreas quanto a partir de satélites.

2.4.4 Subdivisões dos níveis de formação

Na Figura 2.4 encontram-se duas maneiras de estabelecer subdivisões dos níveis de formação. Uma é "lateralmente", no sentido de diferenciar as disciplinas como geologia, geografia, física, pedologia, etc. Este tipo de subdivisão está assinalado pelas letras de (A) a (R). A outra maneira é "focalmente", no sentido de escalar os conhecimentos, como seja, o geral/global (g), o regional/local (r), e o específico (e). Essa separação foi, em muitos casos, julgada essencial. Para todos os que trabalham em algum tipo de fotointerpretação, é necessária uma quantidade adequada de conhecimentos gerais sobre os fenômenos e processos envolvidos. Um conhecimento geral de como as casas, as árvores, etc. se apresentam em diferentes tipos de fotografias aéreas é essencial, tanto como um conhecimento geral do que seja a geomorfologia e seus fenômenos principais. Um "conhecimento regional" também pode contribuir muito para uma melhor interpretação da foto-imagem. Foram mencionadas, anteriormente, as diferenças, por exemplo, entre fotointerpretes iraquianos e holandeses; os primeiros sendo melhor qualificados para interpretar sistemas de irrigação velhos e novos, "Tells", pomares de tâmaras, etc., enquanto que os últimos são melhor qualificados para interpretar diques, sistemas de drenagem, "polders", etc. Isto é devido às diferenças regionais dos respectivos níveis de formação. Os acidentes sócio-geográficos comentados acima são fenômenos conhecidos por todos os fotointerpretes daquelas regiões, mesmo que sejam de diferentes disciplinas.

A subdivisão "específica" refere-se a conhecimentos sistemáticos de fenômenos bem mais localizados que os das subdivisões anteriores. (Veja o Item a seguir).

Níveis de Fotointerpretação		DISCIPLINAS									
		Cartografia	Fotogrametria	Geologia	Engenharia Civil	Geografia física	Pedologia (agric.)	Engenharia Florestal	Ecologia	Urbanismo	Geografia Humana
Níveis de formação específicos para cada disciplina ou grupo de disciplinas	Inovador Profissional Inicial Técnico Básico Preliminar	(S) PESQUISAS PURAS NAS FRONTEIRAS DO CONHECIMENTO EM CADA DISCIPLINA: FREQUENTEMENTE UMA INOVAÇÃO TEM APLICAÇÕES EM VÁRIAS DISCIPLINAS									
		(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)	(Q)
Níveis de formação comuns a todas as disciplinas	Inovador Profissional Inicial Técnico Básico Preliminar	(D) comum às ciências cartográficas									
		(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	(J)	(K)	(L)	(M)	(N)
		(C) Teoria e experiência prática com as técnicas, instrumentos, e materiais da metodologia técnica da fotointerpretação (incluindo as bases do sensoriamento remoto, e da cartografia, e da fotogrametria).									
		(B) Fotointerpretação elementar de geomorfologia, vegetação, uso de terra, alguns aspectos humanos, e fundamentos de uma formação universitária.									
		(A) Conhecimento geral das ciências e artes, equivalentes a uma boa formação de segundo grau. Fotointerpretação equivalente ao simples ato de olhar fotografias aéreas interessantes.									

SUB-NÍVEIS

- e — Específico
- r — Regional (ou local)
- g — Geral (ou global)

FIGURA 2.4 — Diagrama de níveis de formação por A.P.A. Vink (ITC Publ. B-25, p. 15, 1964) com adaptações e adições por P.S. Anderson (1979). (Nota: Os códigos de letras são os mesmos usados na publicação por Vink)

2.4.5 Níveis de Formação Especializada e Específica

Os níveis especializado e específico de formação referem-se ao conhecimento particularizado dos processos ou grupos de fenômenos que têm influência ou predominância na área que está sendo estudada. Encontramos na geologia muitos exemplos típicos. O conhecimento específico de fenômenos e processos das eras glaciais mostra muitos acidentes, os quais podem ser bem explorados pela fotointerpretação. O entendimento destes é extremamente útil na interpretação de fotografias aéreas de países onde se encontram coberturas glaciais, como o Canadá, a Escandinávia, a Grã-Bretanha, o norte dos Estados Unidos e algumas partes da Suíça, Alemanha e Holanda. O grau de conhecimento requerido depende muito do propósito da fotointerpretação. Um certo grau mínimo de conhecimento específico pode ser incluído nos níveis elementares comuns a todas as disciplinas (nível "B", subdivisão "e" = B-e). Um conhecimento maior é requerido para o nível E-e (conhecimentos comuns às geociências). Um grau de conhecimento ainda mais elevado é requerido para geólogos e geomorfólogos, já que sua própria especialização é nesta área (nível J-e). Os exemplos a seguir, tirados de um relatório sobre "Fotografias aéreas e as ciências do solo" (*Aerial Photographs and the Soil Sciences*; A.P.A. Vink, publicado pela UNESCO, 1964) ajudarão a esclarecer as diferenças entre alguns dos outros níveis de referência:

- 1) Conhecimentos gerais (Nível B-g deste texto): o homem prefere construir casas em terra seca; portanto, se vemos vilas que parecem permanentes, construídas em certo tipo de solo, podemos deduzir que este solo não será inundado todos os anos, poderá ser inundado a cada 10 anos ou mais, mas mesmo isto é improvável. Claro que neste caso precisamos de uma boa acuidade de visão, porque as casas podem estar construídas sobre palafitas; a fotoescala e a qualidade da fotografia (sombras) devem ser corretas.
- 2) Conhecimento comum para um certo grupo de cientistas (nível E): uma certa forma de cone é típica de um vulcão; portanto podemos esperar um certo sistema de sedimentação e erosão (geomorfologia, geologia, pedologia) característico, associado com o vulcanismo.
- 3) Conhecimento específico da ciência do solo (Nível M): uma certa quantidade de deduções específicas da ciência do solo é também possível no caso 2 acima, pois o solo na circunferência do vulcão será relativamente rico em minerais em decomposição.
- 4) Conhecimento regional específico com respeito à ciência do solo (nível M-r ou M-e): se um dique é encontrado na parte centro-leste da Holanda, o qual apresenta um declive visível em um lado da estereoisagem (com mais de, aproximadamente, 3 metros de altura), e no outro lado nenhum declive, provavelmente ele será um limite aproximado entre os "polders" profundos com solos minerais e os "polders" rasos com solos orgânicos.

Muitos outros exemplos poderiam ser dados, inclusive para as outras ciências, com seus próprios níveis de diferenciação. Alguns dos níveis indicados nesses exemplos poderiam também ser explicados com mais detalhes. Porém, deixaremos a busca de outros exemplos a outros especialistas, que são melhor qualificados para descrever seus próprios níveis de formação.

No segundo exemplo (nível E), somente algumas generalizações foram mencionadas. Este exemplo, portanto, representa meramente o primeiro passo, que é o subnível E-g; para cada caso particular, o detalhamento ainda tem que ser desen-

volvido. Os detalhes a serem encontrados através desta investigação dependem muito da existência de conhecimento regional específico do vulcão. O conhecimento regional pode levar ao reconhecimento de algumas áreas que foram previamente visitadas no campo; neste caso, muitas particularidades podem ser deduzidas sobre os tipos de sedimentos etc., e até mesmo algumas deduções sobre a textura do solo podem ser realizadas. As deduções sobre texturas de solos, feitas com muita frequência na interpretação de sistemas glaciais no norte dos Estados Unidos, têm levado a indicações errôneas de que os sedimentos podem ser vistos na foto-imagem. O presente texto pretende tornar claro que o conhecimento da textura se baseia num minucioso nível de formação local e específico dos fotointerpretes, e que não é um aspecto da fotointerpretação.

O conhecimento específico dos sistemas de sedimentação e erosão que existem em áreas vulcânicas pode levar a uma interpretação minuciosa, produzindo muito mais especificações sobre determinadas superfícies (áreas delimitadas). Uma classificação da identidade destas superfícies será muito mais precisa se for realizada por um técnico do que por alguém que não tenha um conhecimento específico destes processos e dos seus aspectos na foto-imagem. Exemplos típicos deste tipo de nível de formação específica são encontrados nos trabalhos iniciais de fotointerpretação realizados pelos técnicos holandeses especializados em zonas aluviais. Nossos colegas holandeses, estando bem familiarizados com o processo de sedimentação de rios e praias, alcançaram muito cedo um alto grau de exatidão da fotointerpretação em áreas aluviais em várias partes do mundo. Em geral, um treinamento especial nos aspectos típicos, no campo e na fotografia aérea, é necessário para se obter o conhecimento requerido por estes níveis de formação específicos.

O terceiro exemplo mencionado acima (nível M) é facilitado na maior parte por um conhecimento específico do nível E—e: um melhor conhecimento dos sistemas de sedimentação e erosão de um vulcão contribui para uma melhor interpretação das prováveis diferenças de solos. O conhecimento específico da relação entre solos e a fisiografia de áreas vulcânicas, mais o conhecimento específico de solos que podem ocorrer nestas áreas, contribui para a segurança da interpretação. Os dois últimos aspectos pertencem ao nível M—e, no diagrama da Figura 2.4.

2.4.6 Níveis de formação em comum

O diagrama também apresenta outros aspectos de importância fundamental. Existe uma possibilidade de que grupos de cientistas de disciplinas diferentes, que têm um certo nível de formação em comum, possam usar suas fotointerpretações mutuamente. Para o nível B, isto inclui o mapa topográfico; para o nível E, isto pode ser um mapa de interpretação geomorfológica; e para o nível F, isto é um mapa de interpretação de vegetação. Porém, também está claro que somente um mapa de interpretação feito por um especialista com o nível de formação peculiar da ciência, na qual ele é especializado realmente se referiria diretamente aos problemas presentes na área. Como a fotointerpretação é um método muito econômico em comparação com o trabalho de campo, somente a melhor interpretação feita pelos mais competentes especialistas deverá ser aceita. Isto também indica a importância do conhecimento regional/local e específico, que pode consistir da experiência geral anterior do especialista que tenha trabalhado na mesma área e/ou com o mesmo fenômeno por muitos anos. Este conhecimento também pode ser obtido, pelo menos parcialmente, de estudos de literatura e de mapas já existentes. Finalmente, o conhecimento básico pode ser obtido através de alguns trabalhos de reconhecimento e mapeamento de campo de algumas áreas representativas, antes da interpretação ser feita.

A fotointerpretação para levantamentos de solos (agricultura) é baseada parcialmente no nível comum com as geociências e no nível comum com as ciências botânicas. Portanto, para tornar-se um especialista neste ramo, um bom conhecimento de ambas é necessário. Lendo de cima para baixo no diagrama, pode-se observar que não é suficiente que um especialista em fotointerpretação para uma só ciência tenha apenas o nível de formação característico de sua ciência. O pedólogo que queira ser um bom especialista em fotointerpretação para levantamentos de solos, não deve ter somente um conhecimento do nível M, mas também um conhecimento dos níveis E e F, e naturalmente dos níveis A, B e C. Uma boa fotointerpretação somente poderá viabilizar-se quando todo o sistema, de cima para baixo ou de baixo para cima, estiver presente e incluir a disciplina requerida. Por exemplo, como muitos pedólogos têm a tendência de conhecer mais sobre química do que sobre geomorfologia, em muitos casos torna-se necessária uma preparação adicional em geomorfologia e nas suas ciências correlatas.

Os níveis de formação mencionados acima fornecem somente alguns exemplos dentro da ciência com a qual o autor (Vink) está diariamente em contato. Com isto, muitos ramos importantes ficam de fora, particularmente os das ciências sociais, dos aspectos humanos, e das artes. Se o diagrama for feito em terceira dimensão, a pedologia terá um nível de formação, ainda que pequeno, comum com algumas destas outras disciplinas. Um exemplo claro disto é o de que a pedologia utiliza diversos elementos sociais na fotointerpretação, como loteamentos, plantas de edifícios e lugarejos, objetos arqueológicos e uso da terra. Certamente valeria a pena discutir a fotointerpretação para propósitos sociológicos, geográficos, e arqueológicos da mesma maneira. Para isso, um quadro de níveis de formação, diferente daquele do autor, é necessário. Um bom nível de formação para fotointerpretação, em qualquer ciência, requer um conhecimento avançado daquela mesma ciência. A fotointerpretação pura é somente uma técnica, mas seu uso requer um tratamento científico da matéria, e ela também contribui para o desenvolvimento do ramo particular da ciência envolvida.

2.5 TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO

A lacuna entre a foto-imagem, por um lado, e os níveis de formação na mente humana, por outro, é superada pelo uso das técnicas de fotointerpretação. Da mesma maneira, a lacuna entre os conhecimentos combinados de coordenadas geográficas, de matemática e de instrumentos fotogramétricos, etc., por um lado, e a fotointerpretação, por outro, é superada pela técnica da fotogrametria.

As técnicas de interpretação têm muitos aspectos diversos, de acordo com as diferentes ciências para as quais são usadas. Para dar uma idéia do número de ciências que usam a fotointerpretação, algumas listas podem ser citadas. O *Manual de Interpretação Fotográfica* (*"Manual of Photographic Interpretation"*) da Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto descreve os seguintes ítems: geologia, engenharia civil, engenharia florestal, administração da vida silvestre, manejo de pastagens abertas, hidrologia e administração de bacias hidrográficas, agronomia, pedologia, análise de áreas urbanas, arqueologia, geografia, e formas especiais de fotointerpretação (fotomicrografia, microscopia eletrônica, radiografia de raios-x e raios gama, radioautografia de rádio-isótopos e de trilhas nucleares, espectroscopia, fotografia de alta velocidade e fotografia espacial). A VII Comissão Internacional de Fotogrametria, que se preocupa especialmente com fotografias aéreas, utiliza a seguinte coleção de mapas: geológico (incluindo geomorfologia e hidrologia), pedológico (incluindo a classificação de terras e a conservação do solo), de vegetação (incluindo a engenharia florestal, a ecologia e a botânica), de geografia regional e planejamento, de gelo, arqueológicos, oceanográficos, de investigação costeira, e de engenharia. Com listas tão variadas é evidente que uma descrição com-

pleta destas técnicas pertencem ao estudo da fotointerpretação aplicada a cada ciência isolada, embora exista um elenco de técnicas comum a várias disciplinas. Algumas indicações de valor geral estão descritas abaixo.

2.5.1 Etapas da fotointerpretação

Um dos aspectos das técnicas de interpretação de importância geral é o entendimento das várias etapas funcionais da fotointerpretação. Estes são representados no diagrama da Figura 2.5. A maioria dos itens indicados neste diagrama fala por si só. Para a explicação dos mesmos o leitor deve consultar a literatura existente. "Condições meteorológicas" no nosso diagrama entende-se como o conjunto de dados sobre todas as condições atmosféricas que influem na fotografia aérea e na navegação, tais como o sol, as nuvens, o vento, a cerração, etc. Na Figura 2.5, o elemento denominado "objeto fotografado" inclui considerações sobre reflexão da luz, tamanho, forma, etc. "Reprodução fotográfica" inclui tipos de papel: série,

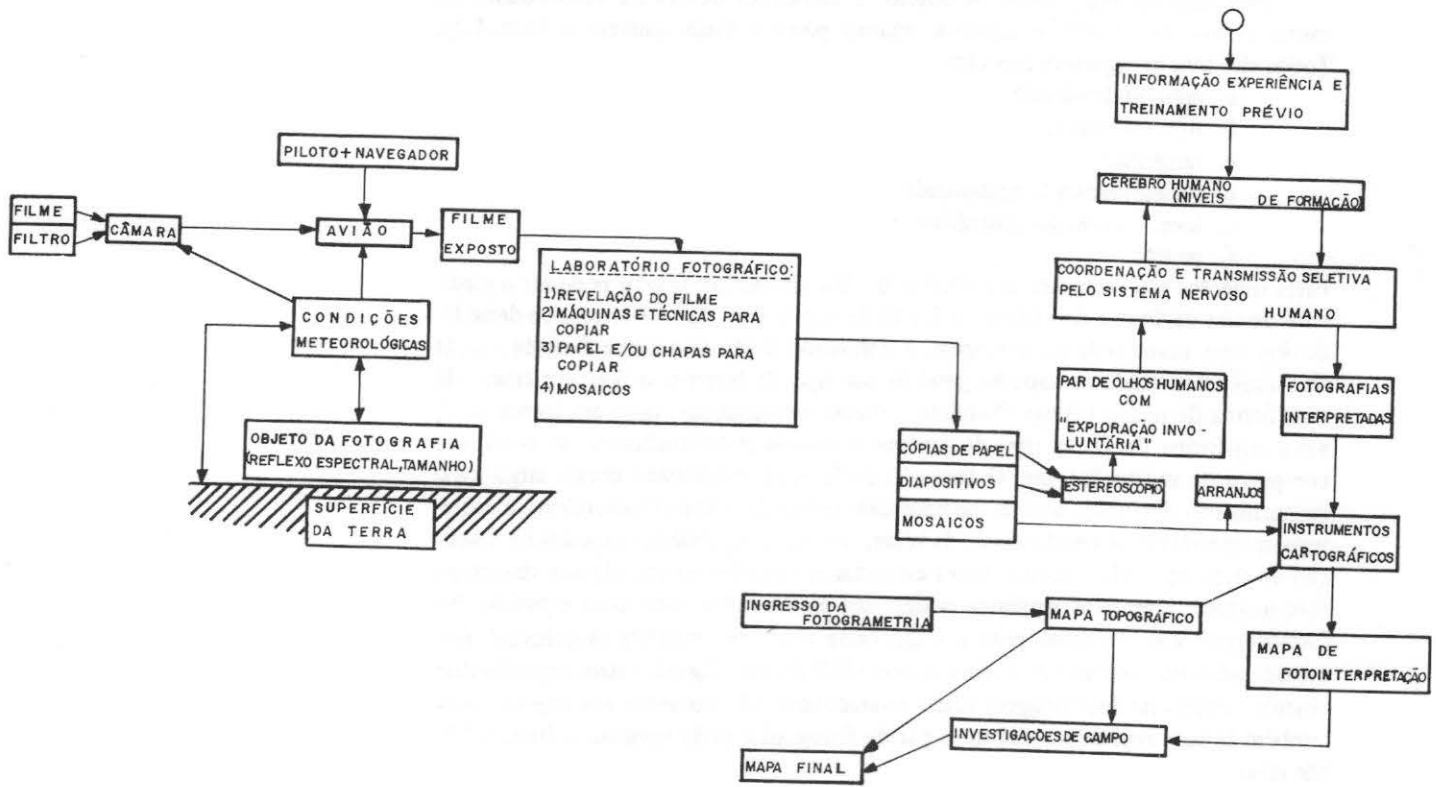


FIGURA 2.5 – Diagrama dos passos da produção fotográfica e da fotointerpretação

espessura, brilho, etc. Um ponto importante a ser introduzido é a “coordenação e transmissão seletiva pelo sistema nervoso do homem”. Isto cobre os aspectos fundamentais da estereoscopia, consistindo na exploração seletiva e ordenada pelo olho humano quando transmitida ao cérebro (setas apontando para cima). Para simplificar, “coordenação e transmissão” também foram incluídas na produção de “fotografias interpretadas” (setas apontando para baixo) onde o significado é a transmissão, geralmente desenhada a mão nas fotografias, de conclusões alcançadas pelo cérebro.

2.5.2 Método sistemático

Um método sistemático é também requisito geral de toda a fotointerpretação. Como foi explicado no *Manual de Interpretação Fotográfica*, freqüentemente a interpretação é feita de modo semelhante a uma “expedição pesqueira”, na qual os fenômenos são encontrados e descritos desordenadamente. Também muitos fenômenos importantes são negligenciados, o mesmo ocorrendo com correlações e indicações conhecidas como “adjacências” (“convergência de evidências”) (veja o Item 4.1.8.) e raciocínio indutivo. Uma busca lógica e sistemática é de suma importância para a fotointerpretação realizar o melhor nas diversas ciências.

Para este método, todos os objetos e elementos devem ser considerados da maneira mais sistemática e objetiva quanto possível (veja também o Item 4.2). Todos eles têm os seguintes aspectos:

- a. grau ou densidade;
- b. tipo ou forma;
- c. tamanho;
- d. regularidade e irregularidade;
- e. local ou posição geográfica; e
- f. padrão.

Estes aspectos são inerentes aos objetos ou aos elementos. O *grau* pode ser o gradiente de um declive, a densidade da forma de relevo num tipo de terreno, a densidade dos vales numa rede de drenagem, a densidade de árvores numa floresta, etc. O *tipo* está relacionado ao aspecto geral de um *tipo* de terreno, o formato típico de uma forma de relevo (dunas “barchan”, dunas longitudinais, vales em forma de V, vales em forma de U), o tipo de árvores (tomadas individualmente ou como um complexo de vegetação), etc. O *tamanho* pode estar relacionado com a largura e o comprimento dos vales, com as medidas das formas de relevo (macrorelevo, mesorelevo, microrelevo). A *regularidade*, às vezes, tem uma importância especial na descrição de declives, e ela é muitas vezes essencial em muitos outros objetos visíveis na foto-imagem. Exemplos similares podem ser encontrados para *local* e *padrão*. Na fotointerpretação de solos para a engenharia civil, os “padrões repetitivos” são considerados um dos aspectos mais típicos (R.D.Miles). Alguns outros aspectos dos objetos visíveis na foto-imagem estão relacionados não somente aos objetos, mas também às suas representações num par de fotografias (veja também o Item 4.2). São eles:

- a. variações de contraste;
- b. sombras;
- c. tonalidade da cor (densidade), tonalidade absoluta e também relativa a outros acidentes do mesmo modelo; e
- d. textura

Uma discussão adequada destes itens não é possível dentro da extensão deste capítulo. A eles é dada uma atenção parcial nos trabalhos de “qualidade da imagem” e, em parte, por especialistas nas várias ciências (e em outros capítulos). Além do elenco comum de técnicas, cada disciplina desenvolve algumas especialidades, as quais podem tornar-se importantes para outras ciências por meio de estudos integrados. Os acidentes topográficos são um dos mais evidentes fenômenos vistos no

estéreo-modelo. Um modelo sistemático requer algum entendimento dos cinco fatores indicados como "formadores" de uma topografia:

- a. forma inicial,
- b. litologia e estrutura,
- c. clima,
- d. processo ou processos modificadores,
- e. fase de desenvolvimento.

Muito mais fatores são utilizados pelas várias ciências; a explicação de cada um deles pertence ao campo de trabalho da respectiva ciência que o define e aplica. A pedologia tem lucrado muito com a distinção feita entre "elementos-individuais" e "elementos-agrupados". Os "elementos individuais" tornam possível analisar, objetivamente, qualquer foto-imagem com respeito à sua importância para levantamentos de solos; por outro lado, temos a síntese por meio do valor dos elementos agrupados em "sistemas fisiográficos". Este método duplo foi desenvolvido por P. Buringh entre 1951 e 1954 no ITC. Temos a impressão de que um método similar pode ser benéfico a muitas ciências que usam a fotointerpretação. Muitas outras abordagens são usadas nas diversas ciências e a discussão delas pertence às publicações especificamente dirigidas para cada disciplina.

Em algumas ciências, notavelmente a engenharia florestal, a fotointerpretação pode ter aspectos quantitativos e às vezes estatísticos. Para muitas outras ciências isto é apenas parcialmente possível. Ainda assim, esperamos descobrir não somente um método mais sistemático, senão também mais quantitativo, possivelmente em um futuro não muito distante. Como foi expressado por R.N. Colwell, se bem feitas, "as medições fornecem um conhecimento mais preciso das alturas, depressões, formas, tamanhos, volumes, tonalidades, e velocidades de movimento dos vários objetos que têm suas imagens registradas nas fotografias". Por outro lado, ele salienta que conclusões errôneas "podem ser obtidas quando as medições na fotografia são mal feitas, ou feitas sem conhecimento de importantes fatos associados". Para usar a terminologia deste capítulo, pode-se dizer que medidas corretas, realizadas por pessoas com níveis de formação apropriados, podem fornecer uma exatidão e eficiência crescentes à fotointerpretação; todavia, nenhuma quantidade de medidas pode compensar a falta de conhecimento de um fotointérprete com um nível de formação inadequado.

Problemas Metodológicos da Interpretação de Fotografias Aéreas

A.P.A. Vink
H. Th. Verstappen
D.A. Boon
(ITC Publicação B-32, 1965)

3.1 COMENTÁRIOS SOBRE A METODOLOGIA DA FOTOINTERPRETAÇÃO

3.1.1 A necessidade de uma metodologia

A interpretação de fotografias aéreas é uma técnica que está sendo usada por um maior número de ciências a cada ano que passa. Ela é chamada umas vezes de "arte", outras de "ciência". Certamente, o tratamento científico é extremamente necessário, e também concordamos que algumas vezes uma "sensibilidade", que é considerada uma conotação artística, pode ser de grande valia. Mas estes argumentos apenas tumultuam o assunto. O uso da técnica de fotointerpretação em algumas ciências tem até mesmo sido deturpado por argumentos científicos e artísticos excessivamente enfatizados (Vink, 1964).

Toda técnica precisa ser desenvolvida ao longo das melhores linhas práticas e científicas. Este desenvolvimento é necessário para seu uso em cada ciência individualmente, mas é também necessário para promover o uso da fotointerpretação em todas as ciências interessadas. A interpretação de fotografias aéreas é ainda hoje feita principalmente pelo método empírico. Isto é claramente demonstrado por quase todas as publicações sobre o assunto e não somente por uns poucos usuários da técnica. É um fenômeno geral, causado pela recente origem da própria técnica (*Archives*, 1962, Thonnard 1964, Vink 1964 no Capítulo 2).

Uma metodologia sistemática é necessária para um maior desenvolvimento e para uma utilização melhor e mais ampla das técnicas que denominamos de fotointerpretação. Esta metodologia é indispensável para transformar o uso empírico em uso concreto e sistemático. Além disso, ela torna possível permutar a experiência adquirida na interpretação de fotografias aéreas pelas diversas ciências. Uma metodologia geral serviria primeiramente como um "banco de dados" ("clearing-house") para diversas ciências, mas se poderia também estimular o desenvolvimento de uma metodologia própria dentro de cada ciência. No caso da metodologia geral, os diferentes aspectos da fotointerpretação podem ser revistos criteriosamente, começando pelos materiais fotográficos sensíveis que são utilizados, e terminando com a combinação da fotointerpretação com os levantamentos de campo. A interpretação de fotografias aéreas nunca é um método isolado. Ela pode, por sua natureza específica, acrescentar alguns aspectos interessantes (Allum em *Archives*, 1967), porém uma total identificação de objetos ou fenômenos necessita de mais do que apenas evidências fotográficas (Euringh, 1960).

O grau e a precisão da identificação desejada de objetos e áreas dependem da finalidade e da circunstância do estudo. A quantidade do trabalho de campo desejado depende da diferença entre o grau de identificação obtido com a foto-imagem estereoscópica e o grau e a precisão de identificação requeridos para uma certa finalidade. O grau de identificação na foto-imagem estereoscópica depende em grande parte da própria visibilidade do objeto em estudo. Alguns objetos (árvores, casas, estradas, etc.) são facilmente visíveis na foto-imagem, embora a visibilidade real, neste caso, dependa da escala, da qualidade da foto-imagem e de alguns pequenos fatores incidentais (por exemplo, a superposição de objetos, como árvores cobrindo estradas). Outros objetos (solos, água subterrânea, muitos tipos de rochas) são em sua maioria quase ou completamente invisíveis; a identificação deles na foto-imagem estereoscópica não é possível, ou o é apenas muito parcialmente (veja o Capítulo 2).

São bastante diferentes as condições de estudo entre a fotointerpretação militar e a fotointerpretação civil ou científica. A fotointerpretação militar é principalmente usada para áreas onde pouca ou nenhuma informação do terreno pode ser obtida; a mesma é conduzida para obter pelo menos um conhecimento aproximado da área inimiga. Quanto melhor for a aproximação da realidade, mais útil ela será, pois uma informação aproximada é melhor do que nada. Na fotointerpretação civil ou científica, alguns casos comparáveis são encontrados nos estudos de localização para a engenharia de estradas. Nesses muitas vezes será necessário obter uma idéia preliminar, aproximada, das condições do terreno sem um levantamento de campo, porque os primeiros elementos de levantamento de campo, ao entrarem na região, causariam a elevação dos preços da terra, e portanto, uma alta especulação. Mas, geralmente, os levantamentos civis ou científicos exigem o máximo de precisão de acordo com a escala do mapa final do levantamento. Esta precisão, em geral, depende da delimitação e da identificação das características a serem avaliadas. Assim é que nos levantamentos civis e científicos a fotointerpretação deve ser combinada com investigações de campo. Portanto, aqui também surge a questão da metodologia. Métodos especiais de levantamento e de amostragem são usados para se obter o máximo de eficiência na combinação da fotointerpretação com o trabalho de campo.

3.1.2. As ferramentas da fotointerpretação

(Nota: Este Item refere-se às técnicas apresentadas nos capítulos mais adiante)

As ferramentas genéricas utilizadas pela fotointerpretação incluem câmaras, material sensível (filme), instrumentos especiais de medição e uma série de técnicas cartográficas. Para cada um desses tipos de material empregados pela fotointerpretação, existe uma grande variedade de ferramentas específicas. Algumas delas, como as fotografias pancromáticas, são as mais comumente utilizadas, por terem sido adotadas como procedimento de rotina para fins fotogramétricos. Outras, tais como fotografias de três cores (em três bandas), têm despertado atenção, porque delas se consegue uma reprodução aproximadamente correta das impressões humanas normais. Ainda outras, como a fotografia em infravermelho, indicam uma tendência a um maior avanço das "técnicas científicas".

Para uma boa metodologia, o uso de outros tipos de energia, com outros comprimentos de ondas, tanto de fontes "passivas" naturais (termal) como de fontes "ativas" induzidas pelo homem (radar), deve ser considerado de igual importância. Isto tem se tornado possível agora, pois cada vez se tornam mais conhecidas as "técnicas de sensoriamento remoto". Isto inclui diversos processos como: geofísica aérea (magnetômetro aéreo, etc.) (veja também Mayhew, 1964), sensores de radiação de calor, radiômetros, radar (Van Lopik e outros, 1960), etc. A utilidade de alguns destes sensores já foi comprovada na fotogeologia e na fotointerpretação militar. A avaliação sistemática de suas possibilidades demonstrará sua importância para várias outras ciências. Isto se tornará ainda mais evidente quando o desenvolvi-



FIGURA 3.1 — Imagem de radar da região de Brasília (escala 1:250.000) 1975/76 (cópias originais oferecem muito mais detalhes que cópias em off-set como nesta figura.) (Cortesia do Projeto RADAMBRASIL)

mento destes métodos proporcionar maiores refinamentos no contraste e no poder de resolução (Fisher, 1963).

Também materiais fotográficos especiais, como filmes espectrozonais (Mikhailov, 1961) e filmes de detecção de camuflagem, estão sendo acessíveis aos usuários (Tarkington e Soren, 1963). A importância deles e dos sensores remotos acima mencionados é menor na reprodução exata dos aspectos que o olho humano normalmente pode ver. Ela é maior para realçar todas as diferenças encontradas dentro do espectro eletromagnético, tanto na faixa da luz visível quanto nas faixas normalmente invisíveis, que sejam importantes para o mapeamento de certos aspectos da superfície terrestre. (A Figura 3.1 é de apenas uma banda de luz).

De vez em quando, câmaras fotográficas especialmente adaptadas podem ser necessárias ou úteis. As novas lentes completamente corrigidas (sem distorções) aumentam a importância do seu papel no desenvolvimento do uso adequado de filmes especiais. Mas, também os ângulos de câmaras (câmaras fotográficas com diferentes proporções entre o tamanho do negativo e a distância focal) estão se tornando muito valiosas. Uma boa metodologia tem que aproveitar os usos especiais das câmaras de ângulo normal, grande-angular e super-grande-angular. Em particular, no caso do uso da câmara super-grande-angular para filmar áreas quase planas, o propósito não é reproduzir tão exatamente quanto possível as reais condições do terreno, mas sim destacar ao máximo as pequenas e numerosas diferenças do relevo. Este tipo de lente também ajuda a aumentar a economia do vôo fotográfico.

Instrumentos para fotointerpretação também merecem um estudo sistemático. Até recentemente, o estereoscópio de espelho foi considerado um instrumento universal, onde diferenças de qualidade entre os vários tipos e marcas não eram muito notadas. Atualmente, tornou-se bem claro que existem grandes diferenças nas propriedades fundamentais da ótica e da mecânica (Hempenius, em *Archives*, 1962). Portanto, um estudo sistemático dos tipos de instrumentos a serem usados em diferentes casos é um assunto para considerações muito sérias. Como Colwell (1963) salientou, também na fotointerpretação é, com frequência, muito importante executar certas medições. Isto pode ampliar consideravelmente a precisão da interpretação e diminuir o perigo da má identificação. No uso de fotografias aéreas por várias ciências (tais como a engenharia florestal, a engenharia civil, e a geologia), a fotogrametria e a fotointerpretação são sistematicamente usadas em conjunto. Nestes casos, é difícil definir a fronteira entre uma e outra. Similarmente, na fotogrametria também uma certa quantidade de fotointerpretação é indispensável (Vink, 1964b e no Capítulo 2). Surge então um problema de ênfase e, até certo ponto, também de apreciação pessoal, que é o de saber se a parte fotogramétrica ou a parte fotointerpretativa é a mais importante. A metodologia de medidas da fotointerpretação é diferente da "normal" para a fotogrametria topográfica, porque na fotointerpretação utilizam-se, amiúde, métodos mais aproximados e dá-se menos ênfase a uma meticulosa precisão planimétrica absoluta.

Essa mudança de ênfase é, até certo ponto, verdadeira para as técnicas cartográficas usadas na fotointerpretação. O levantamento no qual a fotointerpretação é usada ou é baseado na existência de um sistema fotográfico nacional ou regional, ou é conduzido para projetos especiais. No primeiro caso, a base planimétrica já existe e a cartografia adicional precisa apenas preocupar-se com uma precisão relativa, que seja suficientemente confiável em relação a dados topográficos já existentes.

Se o que se planeja é um levantamento para um projeto especial, a cartografia da fotointerpretação e dos levantamentos subsequentes frequentemente pode ser realizada com uma precisão relativamente baixa, desde que o que foi requerido pelo projeto seja satisfeito. Uma consequência deste fato é a de que técnicas cartográficas simples com instrumentos baratos estão gradualmente sendo desenvolvidas para estes propósitos. Em particular, alguns tipos de "sketch - masters" e alguns aparelhos para triangulação radial são de mérito neste aspecto. Em projetos de levantamentos, a confecção de mosaicos não-controlados ou semi-controlados é normalmente muito satisfatória.

3.1.3. Processos de interpretação

Os processos de fotointerpretação técnica e mental, até certo ponto, têm recebido muito pouca atenção sistemática, embora eles formem o núcleo metodológico da fotointerpretação. Recentemente, alguns experimentos têm sido conduzidos, alguns dos quais orientados na direção de processos de semi-automatização (Martinek *et alli*, 1961, e Barret em *Archives*, 1962), quando se faz um reconhecimento automático de certos padrões e uma pré-seleção de todas as fotos com recobrimento em grupos de padrões comparáveis. Os materiais então selecionados são interpretados, por intérpretes humanos, duma maneira clássica. Outros experimentos estudaram a precisão e a integralidade da identificação por diferentes intérpretes e sob condições diferentes (Birnbbaum, em *Archives*, 1962). Eles fornecem o primeiro passo em direção a um melhor entendimento desses processos.

Contudo, o cérebro humano é tão desenvolvido e complexo que, para melhorar a metodologia da fotointerpretação, cuidadosos estudos de todos os tipos e todas as fases da fotointerpretação precisam ser levados a efeito. Num trabalho anterior (Vink, 1964b, e no Capítulo 2 desta publicação), alguma atenção foi dirigida para dois diferentes aspectos:

1. nível de formação para a interpretação;
2. tipos ou fases da interpretação.

Nível de formação significa: "o conhecimento geral, científico, ou especializado, que um certo intérprete, ou grupo de intérpretes, incorpora ao estudo da fotografia aérea". Estipulado um certo tipo de fotografia, os resultados da interpretação são, em grande parte, dependentes desses níveis de formação. O geólogo tem um nível de formação bem avançado em geociências, e, em particular, naqueles aspectos da geologia no qual ele tenha obtido a maior parte de seu treinamento e de sua experiência. Ele pode, portanto, tirar da foto-imagem uma grande quantidade de dados importantes para um levantamento geológico. Um engenheiro florestal pode fazer o mesmo para um levantamento florestal, e um pedólogo bem treinado pode extrair os dados que serão úteis no levantamento de solos de uma área. O fotointérprete que não tem nenhum tipo de conhecimento altamente especializado ou comete muitos erros, ou tem que limitar sua interpretação àqueles aspectos que podem ser interpretados com um nível de formação menos especializado. A compreensão da importância dos níveis de formação tem duas vantagens:

1. Uma seleção incorreta de fotointérpretes pode ser quase que completamente evitada;
2. Pode-se empreender um treinamento sistemático daqueles cientistas que desejam usar a interpretação de fotografias aéreas.

Evidenciou-se com a primeira proposição que, por exemplo, para a interpretação geológica de fotografias aéreas, são necessários geólogos especializados. Para o levantamento de solos, a fotointerpretação deve ser feita por pedólogos; e o mesmo aplica-se às outras disciplinas. A segunda significa que, para entender as características importantes na foto-imagem, os cientistas interessados devem ter um grande conhecimento daqueles aspectos da superfície da terra importantes para suas ciências. Requer muito mais esforço, por exemplo, treinar um químico de solos em fotointerpretação para levantamentos de solos, do que ensinar a mesma técnica para um agrimensor/pedólogo que já tem um bom conhecimento de geologia e geomorfologia. Para trabalhar em áreas tropicais úmidas de vegetação densa, o fotointérprete de geologia, geomorfologia e solos, deve ter, tanto quanto possível, um bom entendimento das relações entre a vegetação natural e as formações topográficas da área. Para a interpretação de áreas habitadas já há muito tempo e densamente cultivadas, um entendimento da geografia histórica daquela área tem mostrado ser extremamente útil para o agrimensor/pedólogo e para muitos outros.

Os tipos ou fases da fotointerpretação têm sido recentemente descritos da seguinte maneira:

1. detecção,
2. reconhecimento e identificação,
3. análise,
4. dedução,
5. classificação,
6. idealização.

Na seleção de materiais sensíveis (filmes) e de técnicas, freqüentemente existe, entre os fotointérpretes, uma tendência para destacar demais o reconhecimento direto e a identificação na foto-imagem. Porém, a análise, a dedução e a classificação são de muito maior utilização na maioria das ciências. A identificação dos objetos de estudo pode, geralmente, ser feita mais precisamente no campo, uma vez que os diferentes objetos e suas variações tenham sido delineados pela análise, suas correlações estimadas por dedução, e suas similaridades e diferenças salientadas ainda mais pela classificação. A metodologia da fotointerpretação deve, em particular, salientar a importância destes processos científicos mais avançados, que são muito mais compensadores na maioria das ciências e na maior parte dos casos. Se, em certos casos, for possível obter-se um reconhecimento e uma identificação corretos e suficientemente confiáveis, isto não deve ser evitado; contudo, este não é o principal objetivo da fotointerpretação.

3.1.4. O papel da geomorfologia e da vegetação

A geomorfologia e a vegetação têm uma posição especial na fotointerpretação para muitas ciências. Elas podem ser claramente vistas na foto-imagem de todas as áreas terrestres, com exceção das regiões árticas cobertas por gelo e de algumas grandes aglomerações urbanas. Para algumas ciências, como a sociologia, onde o aspecto humano por si atua como o mais importante fator, a geomorfologia e a vegetação, logicamente, são de menor interesse. Para a arqueologia, o papel delas é de pequena importância direta, mas ainda assim não desprezível. Porém, as ciências como geologia, pedologia, engenharia, hidrologia, pesquisa litorânea e agronomia, numa maior ou menor extensão, trabalham com inferências obtidas através de indicações das formas de relevo e vegetação. Isto pode ser claramente ilustrado no uso da fotointerpretação para levantamentos de solos para a agricultura (Vink, 1964a). Nesses, a fotointerpretação é conduzida utilizando-se um dos vinte e cinco "elementos individuais", ou, então, pelo uso de "sistemas fisiográficos" como indicadores de prováveis diferenças de solos. Dos vinte e cinco elementos individuais utilizados, nove dos mais importantes são aspectos especificamente geomorfológicos, e três são aspectos específicos de vegetação. Dos outros treze elementos, três são relacionados diretamente com aspectos geomorfológicos, e dois são relacionados com aspectos da vegetação. Um total de dezessete elementos, dentre os vinte e cinco, são, portanto, rigorosamente relacionados ou com a geomorfologia ou com a vegetação, ou, às vezes, com ambas. Relações similares existem também entre a geomorfologia e a vegetação e as outras ciências mencionadas.

No caso dos sistemas fisiográficos usados na fotointerpretação para levantamentos de solos, uma íntima relação com a geomorfologia e a vegetação torna-se até mais evidente (Vink, 1964a). Para a pedologia, o conhecimento da geomorfologia e da vegetação é um pré-requisito essencial. Em geral, isto significa que o "nível de formação" do cientista, que, antes de tudo, está preocupado com sua própria ciência (geologia, pedologia, etc), deve incluir também conhecimentos suficientes daqueles aspectos da geomorfologia e da vegetação que sejam de interesse especial para sua respectiva ciência. Isto não significa que os geomorfólogos e especialistas em vegetação seriam capazes de conduzir satisfatoriamente a fotointerpretação para todas estas várias ciências. A fotointerpretação está continuamente fazendo uma escolha entre as características essenciais e não-essenciais da foto-imagem. A escolha correta para uma ciência em particular pode somente ser feita por alguém que seja perito naquela ciência.

Contudo, isto significa que os melhores resultados vêm de equipes de trabalho. Uma equipe que consista, por exemplo, de um geólogo, um geomorfólogo, um pedólogo, um engenheiro florestal e um engenheiro civil, pode cobrir muitos aspectos ao mesmo tempo. Cada um deles faz sua própria fotointerpretação, porém

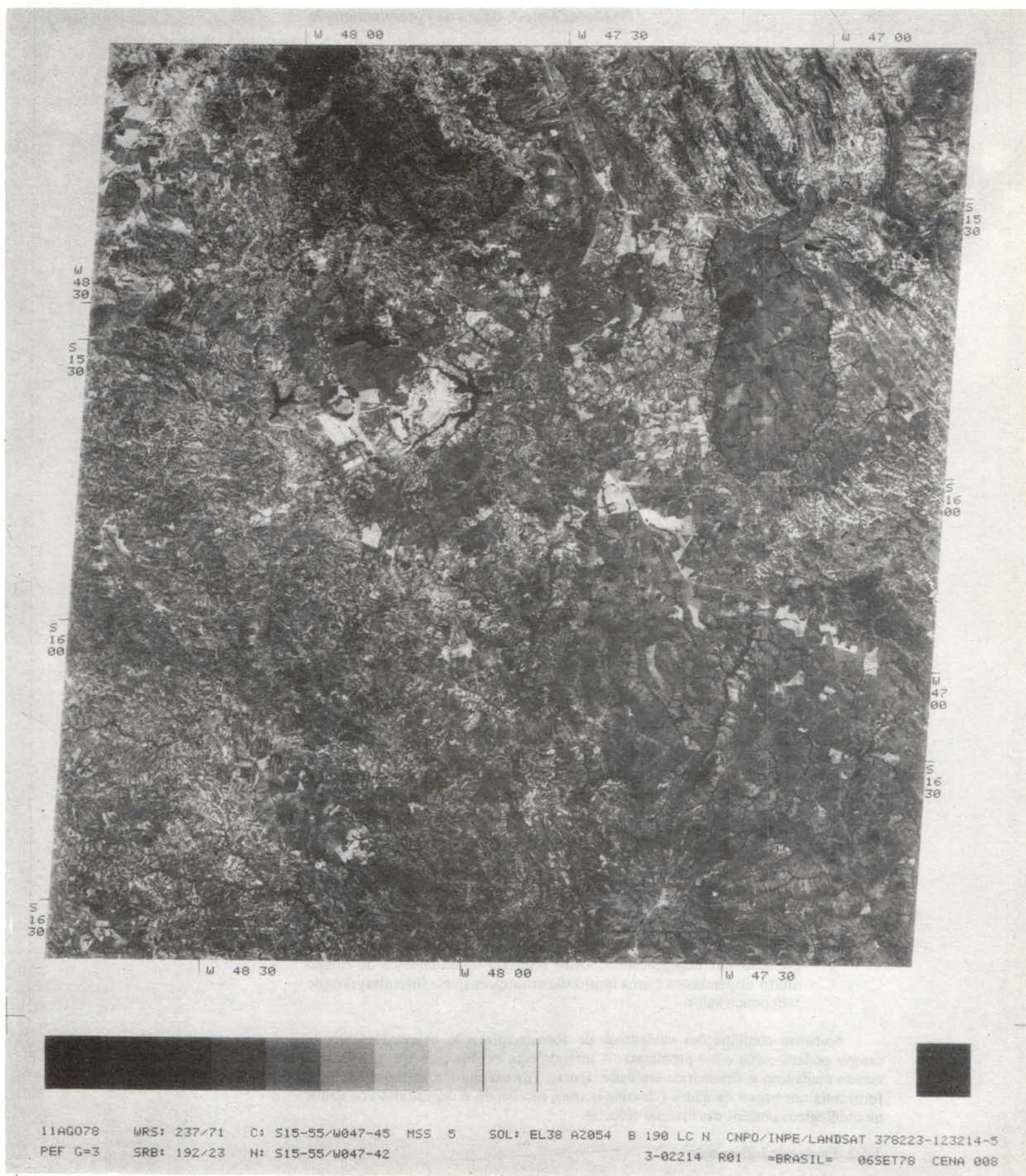


FIGURA 3.2 – Uma imagem do satélite LANDSAT da região de Brasília, banda MSS 5, com uma faixa de tonalidades de cinza. (Escala 1:1.000.000) (Cortesia do INPE)

estas distintas interpretações são facilitadas pelo conhecimento adicional dos outros membros da equipe. Isto também nos leva, naturalmente, para a execução de "levantamentos integrados" de uma maneira correta (não-superficial).

Estes levantamentos integrados são particularmente úteis para o inventário de recursos naturais e para o projeto de desenvolvimento de uma determinada região. Eles devem ser conduzidos por uma equipe de especialistas altamente preparados, que cooperem entre si inteira e rigidamente durante a preparação e execução do projeto. Estes levantamentos nunca são feitos adequadamente por um só homem, ainda que ele seja muito bem treinado, porque os dados especializados necessários para o uso apropriado do levantamento nunca são coletados de modo suficiente.

3.2 e 3.3: Comentários adicionais sobre Geomorfologia e Vegetação em Levantamentos Aéreos (Algumas observações sobre os papéis da Geomorfologia e da Vegetação, constantes nas partes 2 e 3 do texto do ITC, serão traduzidas no segundo volume desta série).

3.4. COMENTÁRIOS FINAIS E CONCLUSÕES

3.4.1. Fotointerpretação e levantamento de campo

A metodologia do uso combinado da fotointerpretação com o levantamento de campo, ou, em alguns casos, da coleta de dados de campo suficientes para completar a fotointerpretação, é ainda menos avançada que a metodologia da própria fotointerpretação. Os estudos específicos comumente fornecem poucas informações sobre a combinação desses dois aspectos essenciais de todos os levantamentos. Às vezes, os dados do levantamento de campo são publicados sem referência apropriada à fotointerpretação. Em outros casos, a fotointerpretação é salientada e os dados de campo, muitas vezes em grande número e sempre muito essenciais, são negligenciados no relatório sobre o projeto. Alguns manuais (*American Society*, 1960, Lueder, 1959) tentam dar descrições mais explícitas, porém a falta de uma crítica apropriada da metodologia se torna ainda mais evidente. Em algumas ciências, existem autores que já começaram este importante trabalho (Boon, 1960, Buringh, 1960, Miles em *Archives*, 1962, Virk, 1964).

Até agora, considerações sobre esses aspectos não têm sido publicadas tão amplamente quanto necessário. A maioria dos cientistas não está suficientemente conscientizada das variações e do alcance dos métodos com os quais a fotointerpretação e os levantamentos de campo, em diferentes ciências, podem ser combinados. Isto apresenta dois perigos:

1. A super valorização, no início do projeto, das possibilidades da fotointerpretação sem o levantamento de campo, provocando decepções e, possivelmente, a eliminação total da fotointerpretação noutros estudos;
2. Uma fotointerpretação completa seguida por completo levantamento convencional de campo, onde as indicações já recebidas pela fotointerpretação são negligenciadas. Disto resultam levantamentos de campo muito dispendiosos e uma impressão errônea de que a fotointerpretação tem pouco valor.

Somente combinações cuidadosas de fotointerpretação e levantamento de campo podem evitar estes problemas. A metodologia exigida para isto merece um estudo cuidadoso e sistemático em cada ciência. Por exemplo, a metodologia geral forneceria um banco de dados (clearing-house), recebendo e organizando os dados metodológicos obtidos nas diversas ciências.

3.4.2. Fontes de Informação

Há alguns anos pensava-se que as fotografias aéreas convencionais eram antiquadas, mas esta teoria está definitivamente afastada (Fisher e Ray, 1962). Mesmo as imagens obtidas através de satélites (veja a Figura 3.2) não superaram a

fotografia convencional, pois suas escalas são pequenas demais. Também, cada faixa de energia do espectro eletromagnético traz uma informação diferente; as faixas se complementam. Para cada caso específico, a melhor fonte de informações deverá ser decidida. Vários aspectos devem ser considerados ao se tomar estas decisões:

- 1) A quantidade e a qualidade dos dados importantes, a serem compilados, de uma área, em tempo fixo (veja também Craig, 1961);
- 2) O sistema e os instrumentos necessários para trabalhar com a interpretação das informações;
- 3) A disponibilidade real dos aparelhos necessários;
- 4) O custo e a confiabilidade na obtenção de informações importantes.

Em muitos casos, particularmente nos países em desenvolvimento, a fotografia aérea de filme pancromático ainda é a melhor solução. As fotografias aéreas em filme sensível a infravermelho são também frequentemente utilizadas. Os filmes sensíveis a infravermelho têm a vantagem extra de melhor penetrarem a névoa. Portanto, em muitos casos, a confiança neste tipo de filme pode ser considerada um pouco maior. Para algumas disciplinas, a quantidade de informação importante obtida usando-se fotografia infravermelho é maior do que a obtida com filmes pancromáticos; porém, este nem sempre é o caso. Todos os outros sistemas de obtenção de informação ou não estão disponíveis imediatamente, ou são muito caros, ou a faixa de informação de interesse é muito pequena e somente cobre uma parte de uma disciplina (por exemplo, a geofísica aérea). Portanto, para a maioria dos propósitos práticos, a fotografia aérea cobre uma vasta área de informação, útil a muitas disciplinas. Conseqüentemente, ela é de importância geral como uma ferramenta do desenvolvimento nacional e regional. Considerando isto, deve-se fazer a seleção dos mais apropriados tipos de câmaras fotográficas, filmes, papéis fotográficos, escalas, aviões, etc. Isto significa a melhor escolha para um projeto em particular, considerando seu propósito e suas circunstâncias. Esta escolha deve ser feita com a ajuda de especialistas bem qualificados em dois aspectos principais: a própria fotografia e a interpretação de fotografias. Essa escolha precisa ser incorporada a um planejamento cuidadoso de todo o projeto. Onde se fizer necessário, especialistas em fotogrametria devem ser consultados para tentar incluir a fotografia no seu programa de mapeamento.

Também no uso de fotografias aéreas, somente o melhor método de fotointerpretação é aceitável. A fotointerpretação não é uma rotina que pode ser aprendida em poucas semanas ou meses. O processo fotointerpretativo inclui as próprias técnicas de interpretação e sua combinação com o levantamento de campo. Em muitos casos no passado, a fotointerpretação foi eliminada, porque técnicas erradas foram usadas por pessoas incompetentes ou somente semi-treinadas. Isto pode-se evitar pelo estudo apropriado da sua metodologia global e da metodologia da fotointerpretação adaptada para cada ciência em separado.

3.4.3. Conclusões

O desenvolvimento da metodologia para a fotointerpretação tem de fundamentar-se principalmente na própria avaliação sistemática dos objetos visíveis na imagem estereoscópica fotográfica. Isto pode ser complementado por outras técnicas e aparelhagens de observação e registro da superfície da terra, porém não é bem um substituto à altura para a interpretação da fotografia aérea normal. A pesquisa lógica em fotointerpretação (American society, 1960) pode melhorar para se fazer uma apreciação mais cuidadosa dos padrões geomorfológicos e vegetais. Esta apreciação apresenta certos problemas, alguns dos quais estão somente demonstrados nos Itens 3.2 e 3.3, que serão incluídos nos capítulos do segundo livro desta série.

Ainda mais problemas se apresentam no caso de padrões humanos (Chevalier, 1964), padrões aquáticos (Strandberg, 1964), padrões de gelo (Cameron, 1964, Thoren, 1964) e, finalmente, em padrões cuja natureza seja desconhecida pelo intérprete, mas que, em alguns casos, possa ser analisada por métodos matemáticos (Clos-Arceud, 1964, Goldstein & Rosenfeld, 1964). Estes quatro pontos de pa-

drões não foram descritos nesta publicação, contudo, em certos casos, alguns deles têm sido usados com sucesso pelos citados autores (veja também Buringh, 1960).

Uma metodologia geral da interpretação de fotografias aéreas terá que servir de banco de dados (clearing house) para os métodos de investigação desses padrões. A confiança na interpretação desses diferentes tipos de padrões é de importância básica para todos os fotointérpretes. Esta metodologia tem que ser descrita por especialistas em geomorfologia, ecologia, agronomia, ciências humanas, hidrologia, oceanografia, e por matemáticos. Os resultados precisam estar disponíveis como conhecimentos inerentes à ferramenta da fotointerpretação de todas as ciências. Por outro lado, precisamos de informação especificamente aplicável à fotointerpretação sobre outros aspectos de importância geral, como instrumentos, materiais, e psicologia da fotointerpretação. Isto pode também incluir freqüentemente a possibilidade de análises matemáticas quantitativas ou tratamentos físicos (Oprescu, 1964, Hempenius, 1962). O uso da ferramenta chamada fotointerpretação em cada ciência pertence à exclusiva responsabilidade de cada uma delas. A fotointerpretação em geologia tem que ser feita por geólogos, em estudos de florestas, por engenheiros florestais, em solos, por pedólogos, etc. Este uso especializado nas ciências separadas é chamado por alguns cientistas de "fotointerpretação aplicada" (M. Guy, *Comunicação oral*, 1964), em oposição ao uso mais "fundamental" acima indicado. Temos algumas objeções contra esta dupla terminologia, porque até certo ponto ela apresenta o perigo de separação da ferramenta da sua aplicação, que é a única razão de sua existência. Também a divisão pode afastar a parte "fundamental" da fotointerpretação dos testes práticos "aplicados" no campo, os quais são os únicos meios seguros de provar seu valor.

Tanto os problemas gerais como o uso da fotointerpretação nas diversas ciências têm que ser estudados com cuidado, principalmente se a fotointerpretação, que tem sido usada de uma maneira empírica por algumas décadas, deseja tornar-se uma ferramenta verdadeiramente científica. A publicação que se encontra neste Capítulo 3 foi escrita para que, através de uma troca de idéias, se possa contribuir para o desenvolvimento de investigações tão necessárias, e já há tanto tempo atrasadas.

Aspectos Básicos da Fotointerpretação

Paul S. Anderson
H. Th. Verstappen

4.1. INTRODUÇÃO

A tarefa da fotointerpretação é identificar as características importantes de áreas e objetos, determinando seu significado, através das imagens representadas nas fotografias aéreas. Para uma interpretação completa, são necessárias várias técnicas, que serão apresentadas nos capítulos desta série de livros. Cada técnica facilita e/ou melhora cada um dos elementos de interpretação. Os principais dentre estes são chamados de "elementos de reconhecimento".

4.2. ELEMENTOS DE RECONHECIMENTO (também chamados "elementos básicos de leitura" ou "fatores-guia")

Os elementos básicos de reconhecimento examinados aqui são: 1. tonalidade; 2. forma; 3. padrão; 4. densidade; 5. declividade; 6. textura; 7. tamanho; 8. sombra; 9. posição; e 10. adjacências (ou convergência de evidências) (compare com o Item 2.5.2.). Estas são as características, na foto-imagem, dos objetos no terreno. Cada objeto apresenta-se na fotografia em centenas ou milhares de variações, e suas combinações são infinitas. Felizmente, às vezes, somente se precisa de informações sobre um ou dois elementos de reconhecimento para se fazer a interpretação correta. Outras vezes, no entanto, é necessário que se tenha um conjunto de informações sobre todos os vários elementos de reconhecimento, para limitar as interpretações possíveis a algumas poucas, sobre as quais somente o trabalho de campo pode permitir uma interpretação definitivamente correta.

4.2.1. Tonalidade

O primeiro elemento a considerar é a *tonalidade* (incluindo cores). Numa foto em branco e preto, a tonalidade varia do completamente branco até o preto, passando pelas várias nuanças do cinza (claro, médio e escuro). O olho humano pode definir entre 130 e 200 diferentes tonalidades de cinza. Nas fotografias em cores, é possível ver vários milhares de combinações de cores em vários níveis de intensidade. As cores são discutidas noutro volume; limitamos estes parágrafos somente à tonalidades de cinza, porque vamos trabalhar quase sempre com fotografias aéreas em branco e preto, por razões de custo e acesso.

Uma noção sobre as várias tonalidades é a única informação que temos das cores nas fotografias em branco e preto. Por exemplo, a cor vermelha aparece em tonalidades escuras e a cor amarela em tonalidades claras. Mesmo que as tonalidades sejam das cores, elas são o resultado da intensidade de iluminação da luz solar. Um bom exemplo é o da água que, quando reflete a luz diretamente sobre a objetiva da câmara, apresenta uma imagem muito clara na foto aérea; no entanto, quando ela está refletindo a luz em direção divergente da câmara, apresenta-se escura. Também os sedimentos contidos na água influem na tonalidade com que a água aparece na foto. Um exemplo brasileiro está no encontro das águas do Rio Negro com as do Rio Solimões, que faz com que o segundo apareça em fotografias aéreas com tonalidade clara, ao passo que as águas do Rio Negro aparecem escuras (veja a Figura 4.1.).

4.2.2. Forma

O segundo elemento de reconhecimento é a *forma*. Devemos lembrar sempre que a forma que aparece em uma fotografia aérea é a de uma vista aérea. Por exemplo, um vulcão visto de cima não é um cone, mas sim um círculo menor dentro de um círculo maior, como dois anéis, que são, respectivamente, o cume e a base do vulcão.

Geralmente, quando vemos formas com traçados retos e uniformes nas fotos aéreas, estas representam aspectos humanos (casas, estradas, cercas, etc.) (Veja a Figura 1.1). As formas dos objetos construídos pelo homem freqüentemente são regulares. Para todas as disciplinas (geomorfologia, engenharia florestal, urbanismo, estudos militares, etc.) as formas são, de maneira geral, o elemento de reconhecimento de mais fácil percepção, mas também facilmente enganam o intérprete, especialmente se o mesmo esquecer de considerar outros elementos básicos, como tamanho e/ou conjunto de formas.

4.2.3. Padrão

Um outro elemento de reconhecimento é o *padrão* (às vezes chamado "modelo"), que se caracteriza pela união ou extensão das formas. Existem muitos padrões que o fotointérprete pode aproveitar para sua especialidade. Alguns padrões são facilmente reconhecidos, como os aspectos retilíneos e axadrezado das cidades (devido às ruas), ou os de uma rede de drenagem formada por rios e córregos. Os padrões de drenagem são importantes e úteis para todas as disciplinas que usam a fotointerpretação, porque revelam muito sobre o terreno, o qual está ligado aos tipos de rochas, solos, vegetação, rios, e à utilização humana dos recursos naturais e do meio ambiente, incluindo a construção de cidades e autoestradas.

4.2.3.1. Padrões de Drenagem

(Seleção do livro-texto do ITC, código VII. 1 por Dr. H. Th. Verstappen)

Os padrões de drenagem têm um lugar importante entre os diferentes elementos de reconhecimento empregados como critérios para a identificação de fenômenos geológicos e do meio ambiente. Os fatores que devemos considerar, neste caso, são: a densidade de drenagem, que é uma medida da corrosão da rocha e da erosão do solo; a quantidade de influências geológicas no padrão de drenagem; e a integridade e a homogeneidade do padrão. Os rios maiores são particularmente importantes na acentuação da estrutura geológica, enquanto que os menores e os barrancos são mais interessantes para a interpretação litológica. Existe uma grande variedade de padrões de drenagem, ocasionando assim uma grande confusão para sua classificação. O autor distingue três grupos diferentes de padrões: 1) o dos terrenos aluviais; 2) o das zonas de erosão, onde se observa pouco ou nada da influência estrutural sobre a rede de drenagem; e 3) o das zonas de erosão, onde a influência estrutural é evidente (veja a Figura 4.2.).

Nos terrenos aluviais, o *padrão anastomosado* de meandros, meandros cortados, lagos em ferradura e leitos entrelaçados, é o mais comum. O *padrão yazoo* ocorre se os diques naturais do rio principal forçam os afluentes a correr paralelamente a seu curso antes de juntarem-se a ele. O *padrão dicotômico* se encontra sobre os cones aluviais com seus canais de drenagem centrífugos. Alguns cursos acabam em seco, porque a água se infiltra em material mais grosso. Outros cursos de água poderão, então, sair novamente pela parte baixa do cone. Certos deltas têm um desenho semelhante. O *padrão trançado* se desenvolve onde a sedimentação é excessiva, por exemplo, no caso de haver diminuição da vertente do rio, impossibilitando-o de carregar sua carga mais adiante. Os sedimentos obrigam, assim, o rio a mudar o seu curso continuamente. Isto ocorre, freqüentemente, quando o rio sai de uma zona montanhosa e penetra em uma planície aluvial. O *padrão reticular* é comum na união dos cursos de água nas planícies costeiras baixas, onde se faz sentir o efeito das marés.

1099 0-277/8 70.

FIGURA 4.1

Diferença de tonalidades da água devido aos sedimentos nos rios e reflexão de luz. Área de Manaus, Amazonas, com as águas do Rio Solimões chegando do sul e as do Rio Negro da esquerda. (Fotografias; Cortesia da Aerofoto Cruzeiro, S.A.). (Nota: Estas fotografias foram reduzidas.)



FIGURA 4.1
Diferença de tonalidades da água devido aos sedimentos nos rios e reflexão de luz. Área de Manaus, Amazonas, com as águas do Rio Solimões chegando do sul e as do Rio Negro da esquerda. (Fotografias; Cortesia da Aerofoto Cruzeiro, S.A.). (Nota: Estas fotografias foram reduzidas.)


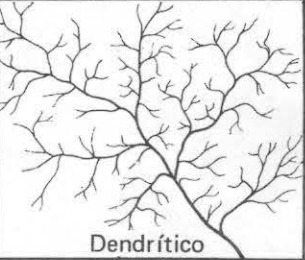
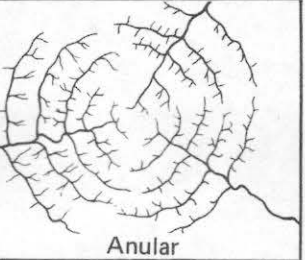

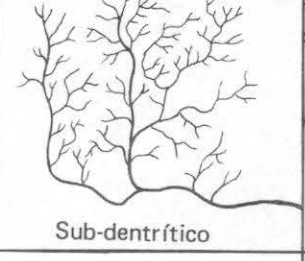
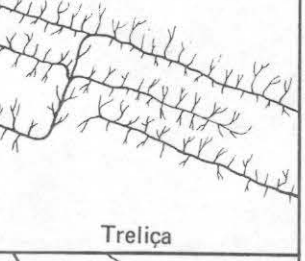
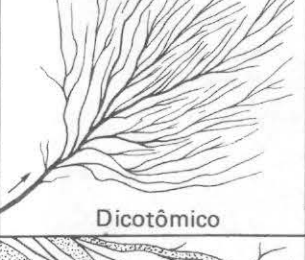
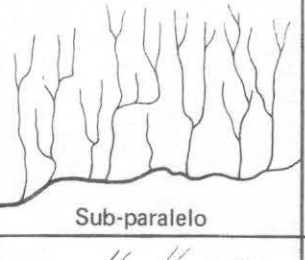
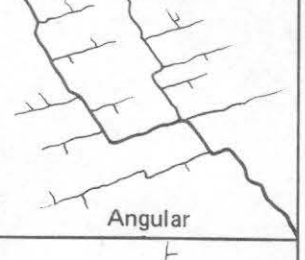
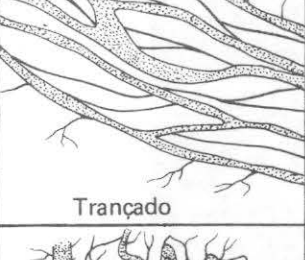
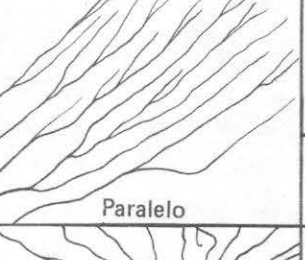
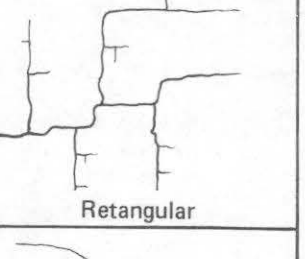
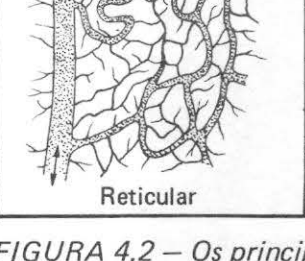
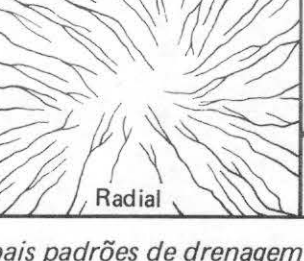
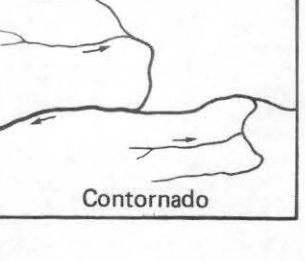
Terrenos aluviais	Zonas de erosão	
	Desenvolvimento livre	Influência estrutural
 Anastomático	 Dendrítico	 Anular
 "Yazoo"	 Sub-dendrítico	 Treliça
 Dicotômico	 Sub-paralelo	 Angular
 Trançado	 Paralelo	 Retangular
 Reticular	 Radial	 Contornado

FIGURA 4.2 – Os principais padrões de drenagem

Os tipos especiais de drenagem, neste primeiro grupo, são os padrões irregulares de lagoas internas ("lacunate"), de baías alongadas, "Kettle hole" nas áreas glaciais, e drenagens fantasmas. (Diagramas destes e de outros padrões estão em Strandberg (1967) e ASP (1960, p. 550). Todos estes padrões do primeiro grupo ocorrem em terrenos aluviais planos ou com pequena declividade, porém sem acidentes no relevo.

Nos terrenos de relevo onde a estrutura geológica é desprezível, ocorrem os padrões no segundo grande grupo. Estes padrões estão muito mais ligados à morfologia do terreno do que à estrutura geológica, embora esta influa substancialmente na geomorfologia da área, sem ser evidente. Os padrões desse segundo grupo,

onde pouco ou nada da influência estrutural sobre a rede de drenagem é observada, ocorrem em áreas com relevo de moderado até acentuado.

Se a influência da estrutura geológica sobre a drenagem é desprezível nos terrenos onde a erosão predomina, são encontrados os seguintes padrões: *dentrítico* (arborecente), que se assemelha ao tronco e aos galhos de uma árvore, sendo este o padrão mais comum. O *padrão paralelo*, formado por canais mais ou menos paralelos, se desenvolve quando a influência geral da inclinação do terreno é mais pronunciada. Os *padrões subdentríticos e subparalelos* são as formas de transição, onde a estrutura geológica pode ter ligeira influência no curso principal. O *padrão radial* é definido pelo relevo, mas, normalmente, não é influenciado diretamente pela estrutura geológica; ele pode ser centrífugo (cone vulcânico ou domo) ou centrípeto (depressão).

A influência da estrutura no terceiro grupo aparece quando os leitos de rochas de diferente resistência são expostos à erosão. Um *padrão anular* resultará de uma estrutura domática erodida. A drenagem circular ou elipsoidal está localizada nos estratos menos resistentes e recebe os pequenos cursos d'água subseqüentes e consequentes. As águas desembocam nos cursos consequentes radiais pré-existentes. O *padrão treliça* se caracteriza pelos rios largos, bastante retilíneos, muitos deles paralelos, com afluentes curtos. Este tipo é encontrado nas regiões sedimentares com direção paralela às falhas importantes. Os *padrões angulares e retangulares* se caracterizam pelas numerosas curvas dos rios em ângulo agudo, devido a falhas ou diáclases. Os tipos especiais de padrões de erosão dos segundo e terceiro grupos de drenagem são: pinado, co-linear, assimétrico, "swallow-hole" (Karst), farpado, torto, etc. Também vários padrões de drenagem interna podem acontecer em zonas de infiltração importante, em materiais porosos e/ou em regiões áridas.

4.2.4. Densidade

É possível encontrar áreas na natureza com formas, padrões, etc., que possuem características similares, mas não com a mesma freqüência por quilômetro quadrado ou hectare. Esta "freqüência" ou "intensidade" é denominada, na fotointerpretação, como densidade. Por exemplo, a drenagem dendrítica pode ser esparsa, média ou densa (Figura 4.3), tal como a densidade de casas pode variar de uma cidade para outra. Facilmente podemos imaginar maneiras de quantificar estas densidades. O correto é em relação à área real (hectares, etc) do terreno. Se calculamos a medida nas fotografias aéreas em centímetros quadrados, temos que ter muito cuidado em levar em conta a escala das respectivas fotografias. Por exemplo, tendo duas fotos de uma mesma área, mas nas escalas de 1:60.000 e 1:20.000, respectivamente, a densidade de drenagem por centímetro quadrado, na primeira foto, é nove vezes maior do que a da segunda — entretanto as densidades reais (no terreno) são iguais.

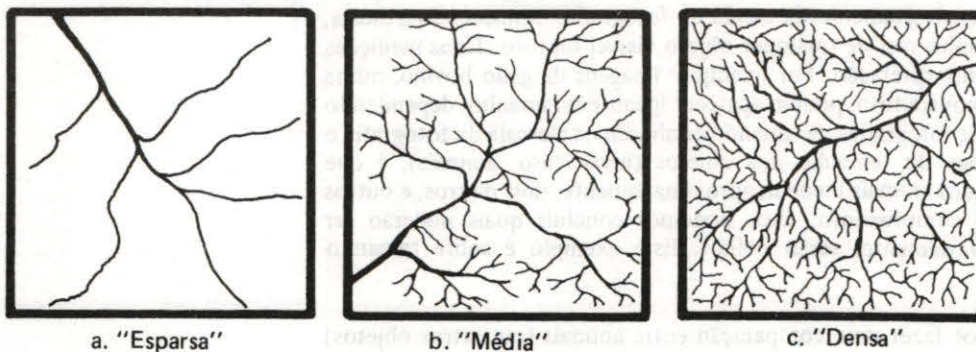


FIGURA 4.3 — Densidades de drenagem

4.2.5. Declividade

A declividade está quase na mesma categoria que a densidade, pois, ela também refere-se a uma característica que pode variar em "intensidade". Notadamente, utilizamos o ângulo de declive para o reconhecimento dos tipos de vertentes, mergulhos, superfícies e linhas inclinadas. É o único elemento de reconhecimento totalmente dependente da visão estereoscópica, apesar de que a terceira dimensão facilita a percepção dos outros elementos de reconhecimento.

Notamos que uma foto-imagem pode incluir, ao mesmo tempo, "densidade" e "declividade", como no caso, por exemplo, de um padrão de drenagem de densidade média e declividade de 20 metros por quilômetro. É interessante notar que a densidade se refere a objetos (plural) e é diferente da textura, que se refere a um objeto (singular) ou a uma zona homogênea.

4.2.6. Textura

A *textura* vem do arranjo de muitos elementos iguais ou similares que estão numa mesma área ou que, em conjunto, compõem um objeto. Por exemplo, às vezes não podemos ver uma árvore individualmente numa foto aérea, mas podemos ver a textura do conjunto das árvores, o que nos permite identificar que aquela é uma área de floresta e, algumas vezes, até de que tipo. (Observe os vários exemplos de fotografias deste livro).

A textura pode ser classificada de muito grosseira até super fina; nesta última, os elementos da imagem quase se unem. Também podemos usar a classificação áspera e aveludada para expressar, qualitativamente, a textura. É preciso lembrar que ela está ligada à escala da fotografia aérea. Por exemplo: numa fotografia na escala 1:100.000, uma floresta aparece quase uniforme, com textura fina; noutro caso, aumentando a escala para 1:20.000, a mesma floresta aparece com uma textura grosseira, permitindo até que alguns galhos sejam visíveis. E se for possível voar a baixa altitude, perto das árvores, tomando fotografias na escala de 1:2000, por exemplo, cada árvore será distinguível, a textura da floresta será bem mais grosseira, e até a textura fina das folhas de cada árvore será visível. Outro exemplo: quando vemos casas, ruas ou jardins nas fotografias em escalas grandes; por exemplo 1:10.000, podemos distinguir cada uma das várias unidades (cada casa, rua, etc.). Neste caso é melhor falar de "densidade" em vez de textura, pois esta seria mais apropriadamente aplicada a cada unidade (como a textura da grama entre as casas). Porém, numa escala muito pequena, por exemplo, ou numa fotografia tomada por um astronauta, não podemos distinguir as unidades; o conjunto total tem uma textura fina, talvez com um padrão axadrezado denso ainda visível. A textura fotográfica dos objetos é muito influenciada pela escala da fotografia.

4.2.7. Tamanho

O tamanho do objeto real é função do tamanho da sua imagem na fotografia aérea, e este depende exclusivamente da escala da fotografia. Conhecendo a escala, podemos medir o tamanho real de qualquer objeto visível na foto. Essas medições complementam a fotointerpretação. Por exemplo: imagens de gado bovino, numa foto, e de gado ovino, noutra foto, podem aparecer iguais em tamanho, dependendo da escala das respectivas fotografias. Só quando conhecemos a escala da fotografia e nesta fazemos medições do tamanho dos objetos (nesse caso, animais), é que podemos saber que alguns animais medem, aproximadamente, dois metros, e outros apenas um metro de comprimento. Daí, podemos concluir quais poderão ser bovinos e quais, provavelmente, serão ovinos. Este exemplo é sobre tamanho absoluto.

Também podemos fazer uma comparação entre animais (ou outros objetos) numa área fotografada numa escala uniforme. Sabendo-se que essa área tem ovinos e bovinos, por conhecimento anterior (nível A na Figura 2.4), deduziremos que os animais menores (por exemplo, com um milímetro na foto) são as ovelhas e os maiores (com 2 mm) são os bois. Desta maneira, a medida do tamanho pode ser feita de modo relativo: maior ou menor em relação a um outro objeto.



FIGURA 2.4 - Tamanho

As medidas absolutas são de grande importância para a fotointerpretação militar, por exemplo, na identificação dos diversos tipos de aviões, carros de combate, navios, etc. Os tamanhos relativos, em geral, são calculados mais rapidamente, porém nisto há maior perigo de erro na interpretação, se, pelo menos, alguns tamanhos absolutos não são calculados.

4.2.8. Sombra

A sombra de um objeto fotografado é de valor para a fotointerpretação, não somente por fornecer a impressão da altura do objeto, mas também por contribuir na identificação dele. Por exemplo: um objeto que possua "altura", como uma árvore, aparece, na fotografia, apenas como uma figura aproximadamente circular. Porém, se a sua sombra for visível, é possível conhecer a forma do tronco e o tamanho da árvore, por meio de raciocínio geométrico simples (veja o exemplo da Figura 4.4.). As sombras estão relacionadas com a hora em que a fotografia foi tirada, a latitude da área fotografada, e a luminosidade solar do dia em que a fotografia foi realizada. Geralmente, as fotografias não são tiradas em dias nublados, porque, neste caso a nitidez é menor. Também, as sombras de nuvens podem modificar a tonalidade dos objetos fotografados, e as próprias nuvens podem bloquear a visão dos objetos que estão debaixo delas. Normalmente, por não serem de nenhum valor na fotointerpretação, as nuvens e as suas respectivas sombras são indesejáveis. Por outro lado, as sombras dos objetos terrestres são úteis, especialmente para estudos florestais e ecológicos, e, às vezes, para estudos militares, mas têm pouca utilidade para estudos geológicos e pedológicos. Um aspecto negativo das sombras é que elas podem obscurecer alguns detalhes das fotos; por exemplo, um inimigo militar pode ficar "camuflado" na sombra de algum outro objeto na foto. Em estudos ecológicos, pode ser que, ao se contar objetos pequenos (como tocas de animais), alguns deles fiquem "ocultos" pela sombra de um outro objeto maior; é difícil vê-los em zonas sombreadas. Em estudos geológicos, as sombras podem esconder contatos entre camadas.

Uma utilidade das sombras é a impressão de relevo que elas proporcionam. Normalmente, quando os raios solares estão vindo em nossa direção (frontalmente), vemos as sombras mais claramente (lembremo-nos que, quando a luz vem de trás do observador, não se vê sombras). Assim, é costume, na fotointerpretação, orientar as fotografias aéreas com as sombras voltadas para o observador, "caindo" na sua direção, como se o sol estivesse na sua frente. Não é obrigatório trabalhar assim; contudo, com as sombras voltadas para uma outra direção, pode-se ganhar uma falsa impressão do relevo, percebendo-se vales como sendo cumes, e vice-versa.

4.2.9. Posição (Geográfica ou Regional)

A posição geográfica ou regional está relacionada ao entendimento ou à familiarização com a região geográfica fotografada. O entendimento pode ser obtido seja por meio da literatura seja por visitas à região, mas não é necessariamente uma familiarização pessoal com a área fotografada. A posição é o elemento de reconhecimento que nos ajuda a eliminar várias possibilidades de interpretação; se sabemos, por exemplo, que a fotografia é de uma área tropical, um animal grande e branco nela registrado, provavelmente, não será um urso polar, mas sim um bovino zebu. A informação da posição geográfica é similar ao "nível de formação local", citado na Figura 2.4. Ela nos ajuda a entender, por exemplo, o clima, os tipos de árvores, a influência humana, etc. A posição geográfica se refere ao conhecimento genérico do tipo de região. Se sabemos que as fotografias são de uma zona de cerrado no Brasil, não confundiremos a vegetação desta área com a que aparece em fotografias de outras áreas no sul do país.

4.2.10. Adjacências (ou Convergência de Evidências)

O décimo e último elemento de reconhecimento denomina-se "adjacências", ou "convergência de evidências", ou "correlação de aspectos associados". A identificação fotointerpretativa, através da consideração das "adjacências", faz-se combinando várias interpretações independentes, isoladas, por vezes simples, que *em con-*

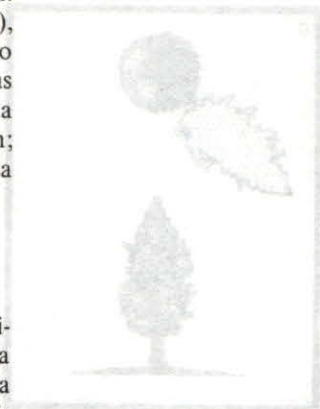
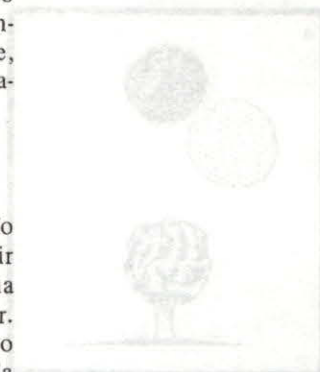


FIGURA 4.4 - A sombra

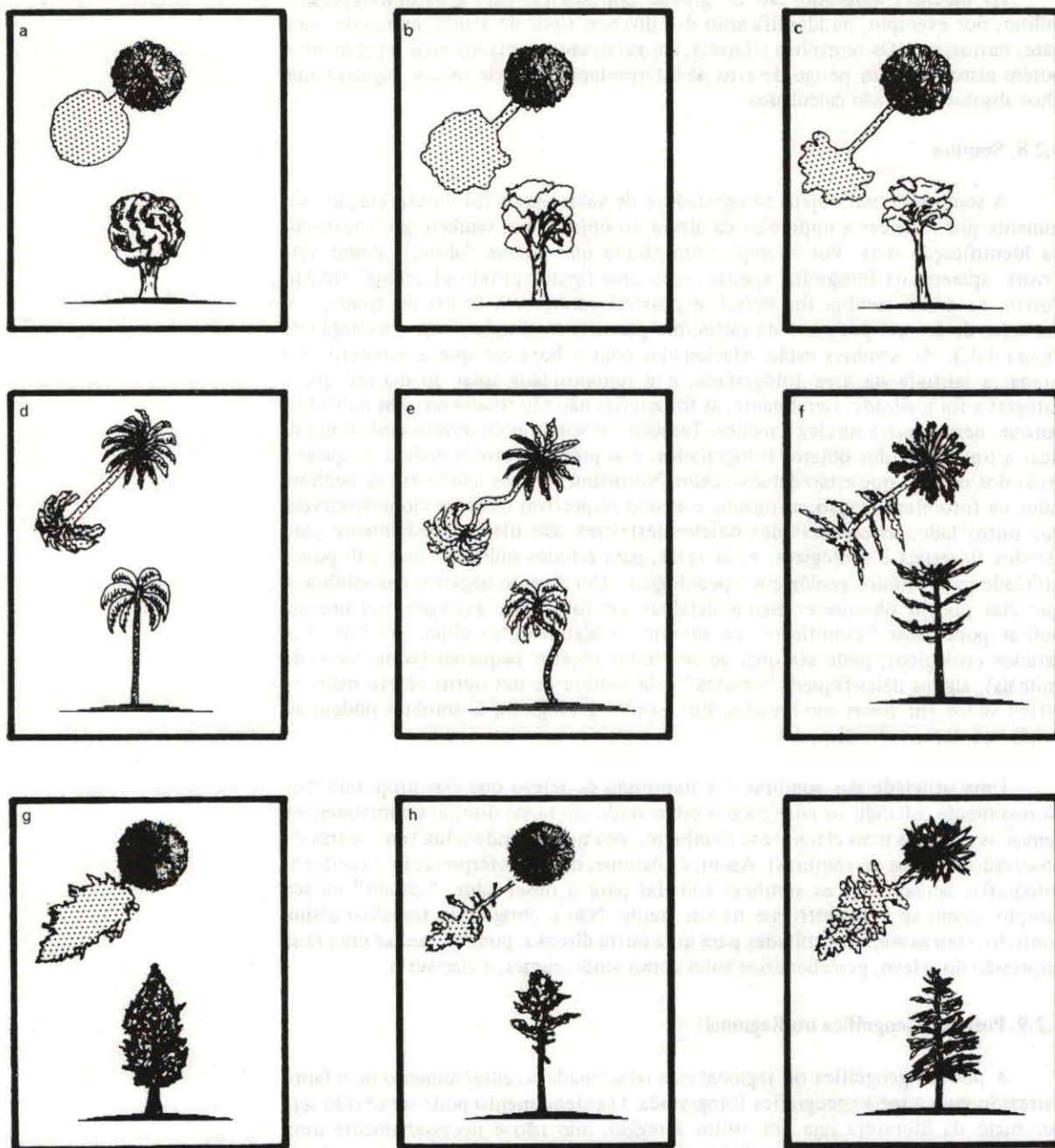


FIGURA 4.4 – As sombras auxiliã na identificação de árvores.

junto ajudam na interpretação final do aspecto que está sendo estudado. Assim, se observarmos fotografias de zonas urbanas, poderemos notar edifícios de vários tipos. Nosso interesse é identificar esses tipos. Sabemos que alguns podem ser escolas, e estas podem ser de primeiro ou de segundo grau. No primeiro caso é muito provável que, junto ao prédio, existam balanços e gangorras; no segundo caso, talvez possamos observar um campo de futebol nas proximidades da escola.

A convergência de evidências (adjacências) pode ser usada para identificar vários tipos de fábricas. Às vezes, falhas geológicas não são evidentes; mas observando uma linha geomorfológica mais ou menos reta com formas de relevo e tonalidades diferentes, e talvez diferentes rochas reconhecíveis ou usos da terra, a cada um dos seus dois lados, é possível concluir que esta linha representa uma falha geológica. As adjacências podem nos ajudar a entender se uma área florestal sofreu

ou não influência humana. Também, a convergência de evidências de atividades humanas pode indicar algo sobre os tipos de solos de uma determinada área.

4.3. APLICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE RECONHECIMENTO

Mesmo existindo tantos elementos de reconhecimento (ou elementos básicos de leitura), muitas vezes um fotointérprete pode identificar um objeto rapidamente, dando apenas uma olhada na foto, sem notar que usou, mentalmente, vários elementos de reconhecimento. Mas, é bem provável que nenhum fotointérprete possa sempre identificar cada objeto corretamente procedendo somente desta maneira, ou seja, usando apenas sua "experiência visual". É recomendável observar e analisar sempre as várias características da foto-imagem, definidas como elementos de reconhecimento. Um quadro, como o da Figura 4.5. ajudará neste método sistemático. Esse quadro pode ser adaptado para servir a disciplinas diferentes, especialmente as que mais utilizam a fotointerpretação correlativa, como a geologia e a pedologia.

O uso dos elementos básicos é importante também por permitir que um fotointérprete se comunique com outros. Podem discutir e trocar informações formadas com estes dez critérios. Talvez eles não concordem na interpretação final, mas, então, podem avaliar e discutir as conclusões com base em cada um dos elementos de reconhecimento, para descobrir qual dos dois está enganado na interpretação (ou se ambos o estão). Uma maneira de conseguir que a primeira interpretação seja a correta, é pensar em "todas" as alternativas de fotointerpretação possíveis, e somente eliminar as "incorretas" quando se tiver justificativas adequadas.

Existem vários amparos e técnicas que auxiliam o fotointérprete, especialmente na análise quantitativa dos elementos de reconhecimento. Estes métodos, amparos e técnicas são utilizados para dar mais objetividade aos resultados da observação dos elementos de reconhecimento; eles ocuparão uma grande parte do segundo livro desta série.

Apesar de todos esses auxílios objetivos, a fotointerpretação ainda depende das características subjetivas do fotointérprete, que serão consideradas a seguir.

4.4. CARACTERÍSTICAS DE UM FOTOINTÉRPRETE

O fator mais importante para a fotointerpretação é, sem dúvida, o fotointérprete. Existem algumas características e qualidades que é preciso que o intérprete possua.

Primeiramente, acuidade visual, que é a capacidade de ver claramente as imagens nas fotografias aéreas. Esta característica influi, também, na capacidade de perceber diferenças de paralaxe para determinação de alturas; a isto chama-se acuidade estereoscópica.

A segunda característica é a paciência e a adaptabilidade para estudar um problema e chegar à solução correta e não somente aceitável, ou rápida e incorreta. O objetivo é fazer uma interpretação correta, para evitar gastos de tempo e dinheiro no campo, corrigindo erros. Às vezes, isto exige muita paciência e adaptabilidade, para que não sejam feitos julgamentos precipitados.

O terceiro grupo de qualidades compreende o discernimento, o bom senso, o raciocínio e a lógica do intérprete durante a execução de sua tarefa, para a obtenção da solução correta, através do uso de todos os seus poderes. Mas, às vezes, existem duas ou três possibilidades que somente podem ser eliminadas, em função de uma única solução correta, após o trabalho de campo.

Mesmo tendo bom raciocínio, outra característica altamente desejável é a experiência profissional anterior (veja os "níveis de formação" no Item 2.4). Esta minimiza a necessidade da ida ao campo. Uma outra característica é a confiança que o fotointérprete deve ter em seu próprio trabalho, em suas decisões, defendendo-as com argumentos lógicos e não com opiniões subjetivas, não substanciadas.

Objetos ou zonas uni-formes	CARACTERÍSTICAS NA FOTO-IMAGEM										Interpretações possíveis	Decisão (Verificada?)	Observações
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	Tonalidade	Forma	Padrão	Densidade	Declividade	Textura	Tamanho	Sombra	Posição	Adjacências			
A											1 2 3 4 5 6 7 8 9 10		
B													
C													

FIGURA 4.5 — Quadro de elementos de reconhecimento

A última habilidade a ser mencionada é o poder de imaginação e observação, a capacidade de deduzir e induzir. Disto, muitas vezes, dependem as informações que podem ser obtidas através do elemento de reconhecimento chamado adjacências, ou seja, aproveitando os dados de vários outros elementos. Mesmo que o fotointérprete seja bem treinado, ninguém conhece tudo no campo da fotointerpretação. Isto se verifica especialmente porque uma fotointerpretação completa tem elementos de outras disciplinas, e não somente das áreas onde a disciplina está nitidamente definida. Por exemplo, é preciso entender algo de sensoriamento remoto, que é baseado nas ciências puras, especialmente na física. Também, para entender os impactos sociológicos, urbanos, rurais e econômicos, é necessário entender algo destas disciplinas, e também do mundo como um sistema de vida integrado, em que o técnico não pode trabalhar isolado.

É aconselhável, ao aprender fotointerpretação, lembrar-se das características de um fotointérprete e tentar desenvolvê-las. Cada vez que uma pessoa estiver fazendo qualquer interpretação, é desejável que faça uma auto-análise de suas qualidades e deficiências, para, então, preparar-se melhor.

4.5. ALGUNS PASSOS PARA INICIAR UM TRABALHO DE FOTOINTERPRETAÇÃO

Para os iniciantes na fotointerpretação, ou mesmo para fotointerpretar uma zona pouco conhecida, existem alguns procedimentos básicos, que são os mesmos para qualquer disciplina. É importante observar que estamos supondo que o intérprete já definiu os objetivos do seu trabalho.

Primeiramente, é sempre útil procurar a informação existente sobre a área. Isto amplia o nosso conhecimento da "posição" geográfica e regional da área, incluindo (quando possível) informação sobre o local de trabalho. Algumas vezes, nas aulas práticas, esta informação não é fornecida ao aluno, intencionalmente, para testar seu conhecimento geral e/ou para forçá-lo a desenvolver sua capacidade de buscar dados. Entretanto, em trabalhos profissionais é aconselhável procurar esta informação inicialmente.

O segundo passo é *observar* demoradamente as fotografias da área para obter uma visão geral e ampla. É importante notar as grandes regiões representadas dentro das áreas fotografadas; determinar a escala aproximada das fotografias; diferenciar as diversas tonalidades, as texturas, as formas, as sombras, os tamanhos; observar os macroelementos do relevo, da drenagem, do transporte, etc. Em outras palavras, fazer uma interpretação preliminar, usando principalmente os processos mentais de detecção e identificação (veja os Itens 2.3.1. e 2.3.2.).

A terceira etapa é identificar algumas das zonas mais características. Se uma identificação tipológica exata ainda não é possível (por exemplo, se não se sabe quais são os tipos de solos, rochas, vegetação, etc, existentes na zona), é apropriado marcar a zona típica com um código qualquer (uma letra ou um número), sem dar uma interpretação definitiva, mas afirmando a diferenciação da zona. É preciso não esquecer de descrever o que representa aquele código, através dos elementos de reconhecimento. Não é imprescindível traçar os limites de cada zona tipológica. Em seguida, procurar e assinalar outros exemplos do tipo descrito na mesma fotografia (e/ou nas outras fotos do vôo que forneceu o recobrimento aerofotográfico da área estudada). Mesmo quando se desconhece "qual" é o tipo, procedendo-se desta maneira sabe-se, pelo menos, que todas as zonas assinaladas com um mesmo código são "iguais" ou análogas. Depois, fazer a mesma demarcação para os outros tipos evidentes, assim se obtém uma foto recoberta com zonas codificadas. Seria vantajoso fazer uma visita ao campo para definir o conteúdo de cada zona assinalada com um código; porém, nem sempre existe esta possibilidade nas etapas iniciais de uma interpretação.

Prosseguindo, pode-se delimitar os vários tipos, fazendo-se primeiro os limites facilmente identificáveis e deixando as zonas complexas para depois. Os limites não-nítidos podem ser feitos com linhas tracejadas ou mesmo com pontos de inter-

rogação. É importante não traçar os limites indefinidos utilizando a mesma simbologia usada para os definitivos, porque, uma vez marcados os limites, a impressão visual é de que os mesmos são definitivos e corretos. Isto poderá enganar um outro fotointérprete que for trabalhar na mesma área, ou até mesmo o próprio fotointérprete que fez a delimitação, quando ele voltar a trabalhar na mesma fotografia.

Após ter esses limites traçados, provavelmente será necessária uma revisão geral e mais atenção com as áreas duvidosas. Depois, é preciso fazer o trabalho de campo (se for viável) com uma amostra de lugares e limites, para a verificação de se esses são corretos ou não. Caso existam erros ou modificações, corrigir os traços considerados incorretos e revisar todo o trabalho, levando em conta a aprendizagem de campo.

4.6. USO DE "OVERLAY" TRANSPARENTE

A interpretação não é feita diretamente sobre a fotografia; ela é desenvolvida sobre um "overlay", que é um pedaço de papel vegetal ou plástico semi-transparente (marcas Ultraphan, Kodatrace, etc.), mais ou menos do tamanho de uma fotografia (23 x 23cm), usando-se um lápis comum ou especial, conforme o material. Este "overlay" deve ser superposto à fotografia e nesta bem fixado apenas por um lado, através de um pedaço de fita adesiva (tipo crepe). Isto deve ser feito de preferência no lado superior da fotografia já orientada para visão estereoscópica, para que o "overlay" possa ser levantado sempre que for desejável. Isto é essencial para que seja possível ver, quando necessário, a imagem da fotografia sem a influência do "overlay", o qual diminui um pouco a nitidez da imagem. Apesar desta pequena perturbação, o trabalho sobre o "overlay" é perfeitamente possível.

É importantíssimo transferir as quatro marcas fiduciais da foto para o "overlay", isto permite a sua exata recolocação sobre a foto cada vez que seja levantado, ou que, intencional ou despercebidamente, ele se desprenda da foto. Se não procedermos assim, é provável que façamos uma má colocação do "overlay", caso seja necessário movê-lo e depois trazê-lo à posição original.

É também aconselhável ter um pequeno pedaço de fita adesiva na parte inferior do "overlay" superposto à fotografia, o qual, no entanto, não deve prender definitivamente o "overlay" na fotografia. Já sabemos que a foto deve ser bem fixada ao "overlay" pela parte superior. Este pequeno pedaço de fita adesiva, colocado na parte inferior, serve para manter o "overlay" fixo quando se está desenhando sobre ele, e, ao mesmo tempo, por ser pequeno (e, de preferência, no centro da margem inferior), permitir que ele seja levantado, a qualquer momento, sem prejuízo ao trabalho.

Às vezes, queremos marcar um objeto muito pequeno diretamente na imagem de uma fotografia; porém, o lápis dermatográfico possui uma ponta muito grossa e, usando-o para marcar um objeto pequeno, pode-se obscurecer ou ocultar a imagem do objeto sob a marca feita. Nestes casos é melhor traçar um círculo de 0,5cm de diâmetro (mais ou menos) ao redor do objeto, e colocar um símbolo que possibilite a identificação daquele círculo mais tarde (e conseqüentemente, a identificação do pequeno objeto). É possível fazer um desenho ampliado do objeto à parte, fazendo, primeiramente, o desenho ampliado do próprio círculo, e depois desenhando todos os detalhes do objeto dentro desse círculo.

Por razões similares, geralmente os limites, as estradas, etc., não devem ser traçados diretamente sobre a fotografia aérea, pois, desde que a foto seja marcada com o lápis dermatográfico, não é possível ver o que fica embaixo da marca, a menos que, é claro, a foto seja limpada (com algodão embebido em álcool ou benzina), eliminando os traços feitos com esse lápis. Também, muitas vezes, é necessário fazer delimitações de mais de um aspecto ou tema na mesma área (vegetação, uso atual, uso potencial, geomorfologia, etc.); para estes casos, é necessário ter a fotointerpretação de cada aspecto ou tema feito em "overlays" separados, isto é, um "overlay" para cada aspecto ou tema.

Um bom lembrete: como a fita adesiva é muito usada nas montagens das fotos para fotointerpretação, uma maneira de tê-la sempre à mão, a qualquer momento, é enrolar mais ou menos 30cm dela ao redor de um lápis qualquer que esteja sempre com o intérprete. Desta maneira não é preciso carregar o rolo da fita adesiva até mesmo no campo.

As informações básicas que devem constar em cada "overlay" de uma interpretação feita são:

a) as quatro marcas fiduciais; b) o número e o ano da fotografia aérea daquele "overlay"; c) a escala aproximada da fotografia aérea; d) o ponto principal da fotografia aérea e os pontos principais conjugados (ou homólogos) das fotografias que formam o modelo para visão estereoscópica; e) o nome do fotointérprete ou suas iniciais; f) a data (mês e ano) da interpretação.

Em relação ao desenho feito sobre o "overlay", é preciso transmitir a qualidade da interpretação traçando linhas finas e bem nítidas, de espessura constante, indicando quais são as linhas que representam os rios, quais são os limites apenas prováveis, quais são os definitivos, etc. O trabalho deve ser completo. Não devem existir rios que não se unem (com exceção para zonas muito áridas, onde alguns rios temporários ou intermitentes desaparecem no solo); não devem existir zonas com limites abertos, etc. Portanto, é aconselhável ter uma pequena legenda (talvez numa folha separada) para ajudar a lembrar quais símbolos estão relacionados com quais informações tiradas da fotografia. Os símbolos utilizados devem ser padronizados ou, então, lógicos. Alguns exemplos estão na Figura 2.2.a.

Visão Estereoscópica para a Fotointerpretação

Paul S. Anderson

5.1. INTRODUÇÃO À VISÃO ESTEREOSCÓPICA (VISÃO BINOCULAR ARTIFICIAL).

Todas as pessoas que possuem visão normal têm visão binocular (em 3 dimensões) durante todo o tempo em que estão com os dois olhos abertos. A visão binocular dá o registro da profundidade, servindo para que possamos estimar distâncias de profundidade entre os objetos à nossa frente. Ela se fundamenta em duas imagens de um só objeto visto pelos dois olhos separadamente, isto é, com posições de observação diferentes. No caso da visão normal, uma imagem corresponde a cada olho. Em seguida, o cérebro realiza um processo chamado "fusão estereoscópica", o qual possibilita a visão em três dimensões.

Para enxergar fotografias aéreas em três dimensões, usamos o mesmo processo de fusão estereoscópica mental. Portanto, precisamos de uma imagem em cada olho, que é o comum para nossa visão normal; só que, na visão binocular normal, vemos diretamente um objeto ou uma paisagem com os dois olhos, enquanto que na visão estereoscópica de fotografias aéreas, em vez de vermos o objeto, observamos uma fotografia de uma paisagem com um dos olhos, e uma outra fotografia da mesma área, mas tomada de outra posição, com o outro olho. Vemos um objeto representado por duas fotografias, cada qual contendo e mostrando uma imagem fotográfica diferenciada; cada uma dessas imagens é vista por um dos olhos.

Essas duas fotografias são tiradas por uma câmara num avião em movimento acima de uma determinada área. A visão estereoscópica é baseada na reprodução, em um laboratório, das linhas óticas ou raios luminosos que formaram as imagens nos negativos; e essas linhas de luz são reproduzidas na fotografia para cada olho. Juntos, os olhos são capazes de formar um modelo estereoscópico. Em outras palavras, os olhos tomam as posições das câmaras aéreas; os cristalinos são equivalentes às lentes, as retinas são análogas aos negativos, e a fotografia aérea observada representa a situação do terreno, só que em escala reduzida. Para cada um dos olhos, individualmente, a imagem é plana; somente com a fusão estereoscópica mental é que a visão torna-se tridimensional.

À Figura 5.1 mostra uma representação diagramática de um hipotético gigante observando um terreno, e também vendo fotografias aéreas ordenadas de tal forma que lhe proporcionam a visão estereoscópica. Podemos notar, neste desenho, que as duas fotografias aéreas estão numa linha que passa, horizontalmente, diante do rosto do gigante observador (à frente dos seus olhos), representando, cada uma, as estações aéreas do avião quando as fotos foram tomadas, em momentos diferentes.

Não somos gigantes, nem nossa distância interpupilar é tão grande; contudo, numa escala reduzida, podemos reproduzir exatamente o que o gigante está vendo.

5.2. DISTÂNCIA INTERPUPILAR

Existem vários elementos importantes para a estereoscopia com fotografias aéreas. Um dos elementos é a distância interpupilar, que, no caso do gigante, é a distância entre as posições de tomadas das fotografias aéreas. No nosso caso, a

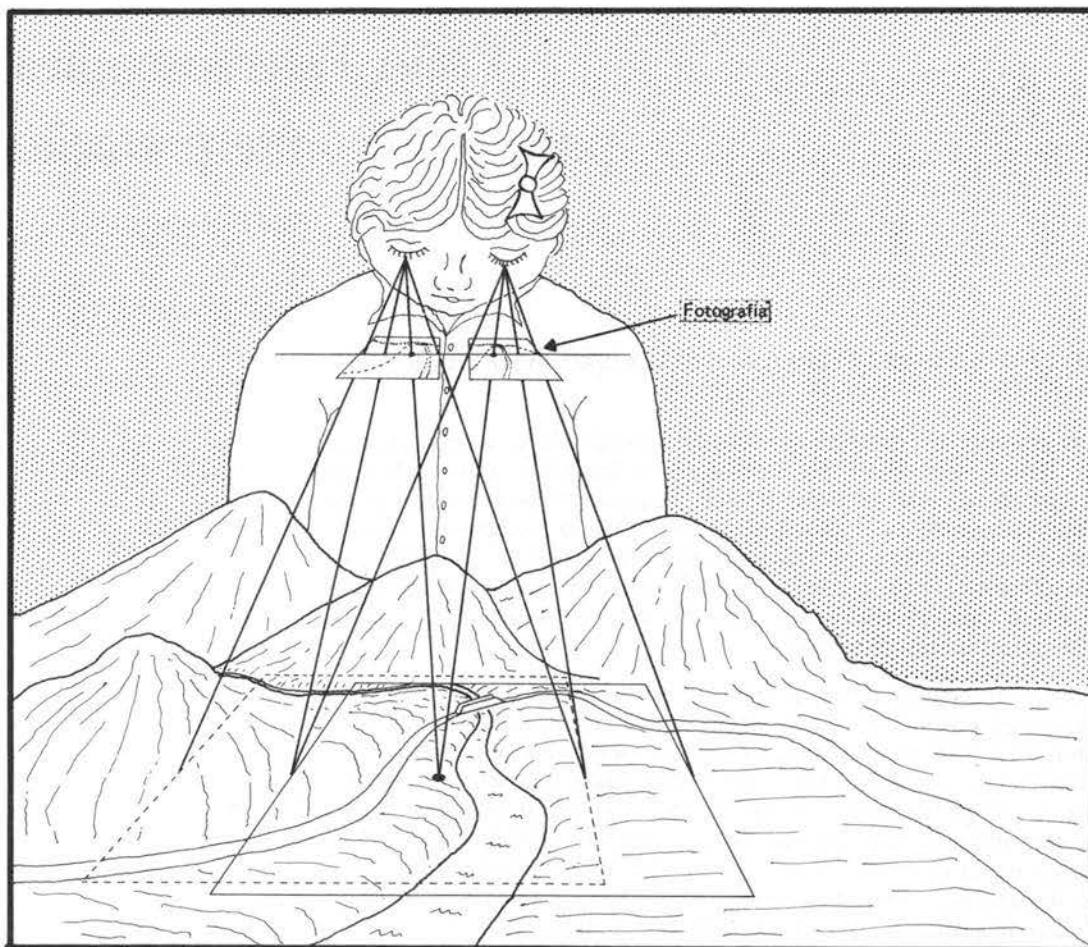


FIGURA 5.1 – Uma distância interpupilar gigantesca (segundo McNeil, 1954)

distância interpupilar é determinada pelo tamanho de nossa cabeça, e não é nem parecida com a distância entre as posições do avião quando as fotografias aéreas foram tomadas. Para a fotointerpretação, precisamos medir a distância interpupilar de cada pessoa. A distância interpupilar normal dos adultos varia entre 58 e 65mm, mas existem pessoas com distâncias interpupilares maiores ou menores, chegando a até mais de 70mm.

A importância desta distância está na maneira como nossos olhos estão acostumados a ver em linhas convergentes ou paralelas. Sentimo-nos à vontade com os olhos convergindo (com um certo ângulo) para ler um livro, geralmente à uma distância de mais ou menos 25cm (veja a Figura 5.2). A uma distância menor do que 15cm, temos problemas pela convergência excessiva dos olhos, causando-lhes tensão e, conseqüentemente, com a insistência nesta posição, danos. Quando observamos objetos distantes, os raios luminosos são progressivamente menos convergentes, até chegarem a ser paralelos. Por exemplo, se virmos uma árvore, ou outro objeto que tenha uma largura de imagem igual a 7cm, a uma distância de 100m ou mais, estaremos vendo um objeto que é maior do que nossa distância interpupilar. Àquela distância, os objetos grandes aparecem pequenos e nossa visão é paralela, ou seja, vendo à distância, as linhas de observação de nossos olhos são paralelas. A visão divergente é anormal; podemos fazê-la somente se forçarmos os olhos.

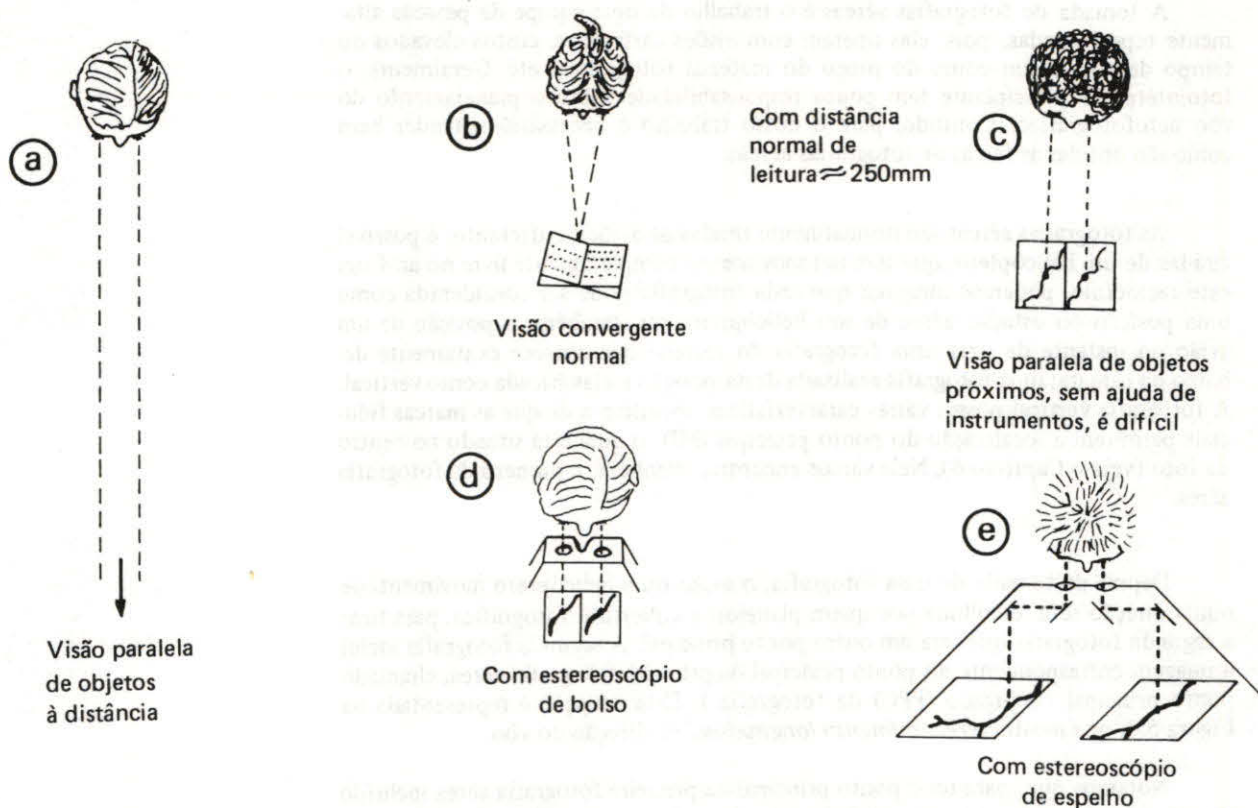


FIGURA 5.2 – Variações da visão paralela e da visão convergente

Por essas razões é que não devemos ver imagens fotográficas com linhas de visão divergentes ou convergentes em demasia. Também pelas razões acima mencionadas, é importante conhecer nossa distância interpupilar. A maneira para medi-la pode ser a mesma do oculista ao determinar o tamanho e o ajuste dos óculos. Ele se coloca na frente da pessoa e pede que ela olhe fixamente para um único ponto de seu rosto, por exemplo, o seu nariz. É importante que ele (a pessoa que está fazendo a medida) não esteja perto demais de quem está sendo medido. O oculista coloca e segura uma régua milimetrada horizontalmente na frente dos olhos do paciente. Mantendo o olho direito fechado, e posiciona o ponto zero da régua no centro daquele olho (direito, do paciente); depois, fechando o olho esquerdo e abrindo o direito, ele vê o olho esquerdo da pessoa que está sendo medida; assim, ele vê a posição central da pupila na régua, faz a leitura e, então, determina a distância interpupilar daquela pessoa. É aconselhável repetir esta medida várias vezes, para se estar completamente seguro de que foi feita corretamente. Uma vez conhecida, a distância interpupilar precisa ser lembrada, porém não há necessidade de medi-la outra vez pois ela é fixa.

Quando usamos estereoscópicos, é importante ajustar a distância da separação entre os centros das lentes, de acordo com a nossa distância interpupilar. Somente alguns estereoscópicos não tem esse ajuste, mas eles não causam muitos problemas. É muito comum o uso do estereoscópio de bolso com uma separação entre as lentes um pouco menor do que a distância interpupilar do observador. (A distância interpupilar é, também, o maior limite da separação das imagens homólogas das fotografias aéreas observadas. Isto será explicado mais tarde neste capítulo).

5.3. OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

Como auxílio para se entender como funciona a visão estereoscópica, e também conhecer algumas características das fotos aéreas, consideraremos agora como as fotografias são obtidas.

A tomada de fotografias aéreas é o trabalho de uma equipe de pessoas altamente especializadas, pois elas operam com aviões caríssimos, custos elevados do tempo de voo, assim como do preço do material fotográfico, etc. Geralmente, o fotointérprete principiante tem pouca responsabilidade sobre o planejamento do voo aerofotográfico. Contudo, para o nosso trabalho é necessário entender bem como são obtidas as faixas de fotografias aéreas.

As fotografias aéreas são normalmente tiradas de aviões; entretanto, é possível tirá-las de um helicóptero, que tem um movimento completamente livre no ar. Com este raciocínio, podemos imaginar que cada fotografia pode ser considerada como uma posição ou estação aérea de um helicóptero, ou, também, a posição de um avião no instante de tirar uma fotografia do terreno que aparece exatamente debaixo da câmara; uma fotografia realizada desta posição é classificada como vertical. A fotografia vertical possui várias características, inclusive a de que as marcas fiduciais permitem a localização do ponto principal (PP), o qual está situado no centro da foto (veja o Capítulo 6). Nela vamos encontrar, também, o número da fotografia aérea.

Depois da tomada de uma fotografia, o avião ou o helicóptero movimenta-se numa direção reta, escolhida por quem planejou a cobertura fotográfica, para tirar a segunda fotografia que terá um outro ponto principal. A segunda fotografia inclui a imagem correspondente ao ponto principal da primeira fotografia aérea, chamado ponto principal conjugado (PPC) da fotografia 1. Esta situação é representada na Figura 5.3, que mostra o *recobrimento longitudinal* na direção do voo.

Notamos que, para ter o ponto principal da primeira fotografia aérea incluído na segunda, é preciso ter um recobrimento de, pelo menos, 50%. Geralmente, o recobrimento desejável é de cerca de 60%. Também observamos, na primeira fotografia, que podemos, depois de ter em mãos a segunda, identificar onde está a imagem do ponto principal da segunda fotografia, ou seja, o PPC_2 .

Com duas fotografias aéreas subseqüentes, temos duas imagens da mesma área, de modo que os mesmos objetos no terreno estão vistos de estações aéreas diferentes. As duas imagens de um mesmo objeto são chamadas de *imagens conjugadas* ou *homólogas*, porque as imagens são oriundas de um mesmo objeto no terreno.

O ponto principal da fotografia 1 (PP_1) tem seu conjugado identificável na fotografia 2; e o ponto principal da fotografia 2 (PP_2) tem o seu conjugado identificável na fotografia 1. Em outras palavras, o conjugado do ponto principal (PP) de uma fotografia aparece na fotografia aérea subseqüente. Notamos assim que, em uma fotografia aérea, o PP dessa fotografia e o PPC da fotografia seguinte são visíveis. A linha que faz a conexão entre esses pontos representa a *linha de voo* (Figura 5.3). Essa é a linha sobre a qual o avião se deslocou entre a posição de tomada da fotografia 1 (representada pelo PP_1) e a posição de tomada da fotografia 2 (representada pelo PPC_2). Esta linha é identificável em ambas as fotografias, e *somente quando* se possui ambas. Uma fotografia isolada não tem linha de voo identificável.

A *linha de voo* é uma *resultante*, e não corresponde, necessariamente, ao movimento real do avião. Consideremos o exemplo do helicóptero tirando as fotografias: ele pode tirar a fotografia 1, voltar ao aeroporto para abastecimento, e voar imediatamente para a posição de tomada da fotografia 2. Do mesmo modo, um avião pode voar, entre duas estações de tomada de fotografias, sofrendo variação no rumo de voo, devido ao vento ou a um erro de pilotagem. Contudo, não temos nenhuma maneira de saber disso: só vemos que a linha de voo é um segmento de reta formado entre os pontos principais do par de fotografias que estamos observando estereoscopicamente.

Essa linha formada pela ligação do PP_1 com o PPC_2 (ou, igualmente, do PP_2 com o PPC_1), é chamada de *foto base* e é medida em milímetros; ela é uma distância *relativa*. Em contraste, a *aerobase* é a distância *absoluta e real* entre as estações de tomada de duas fotos aéreas, medida em metros ou quilômetros.

A linha de vôo é sumamente importante no alinhamento ou orientação de fotografias aéreas para a reconstrução de uma situação ótica que proporcione imagens em três dimensões. Essa situação ótica é composta de um sistema de coordenadas retangulares. Desta forma é que a linha que passa à frente do observador, paralelamente aos seus olhos, é chamada de *eixo X*. A linha perpendicular ao eixo X é chamada de *eixo Y*. Mesmo que o eixo Y seja denominado vertical, isto não é aplicado no sentido de elevação (o eixo Z é que representa alturas). O eixo Y é simplesmente perpendicular ao eixo X. Ambos são completamente independentes das margens das fotografias aéreas, pois temos que admitir que o avião ou mesmo a câmara aérea se deslocam alguns graus de seus rumos, durante a realização do vôo aerofotográfico.

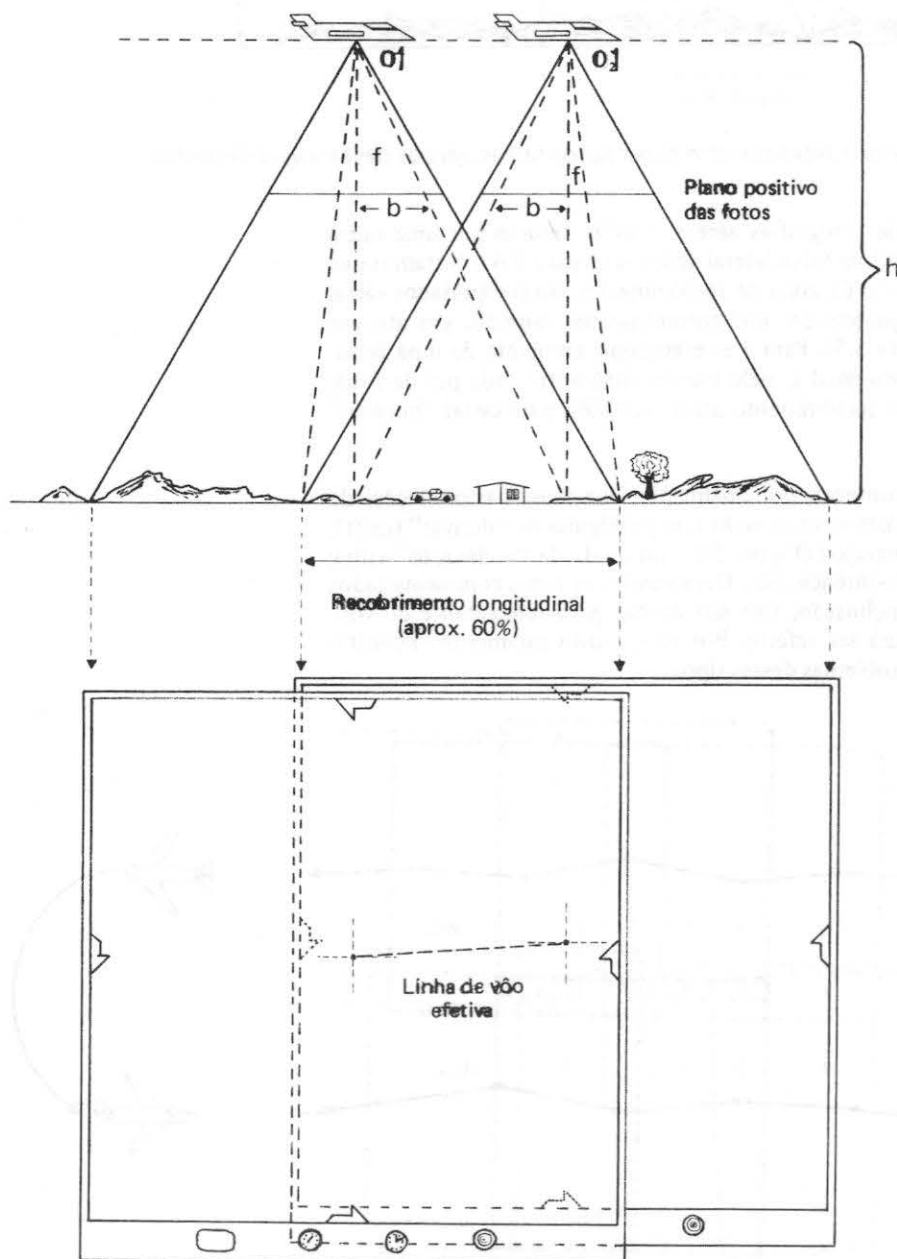


FIGURA 5.3 – Recobrimento longitudinal na tomada de fotografias aéreas

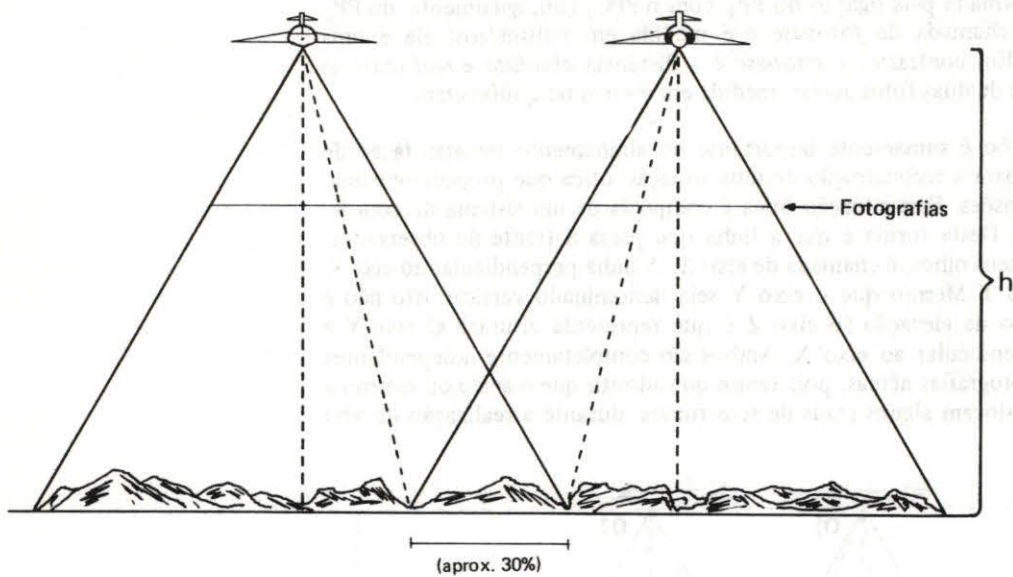


FIGURA 5.4 – Recobrimento lateral entre duas fotografias aéreas de faixas diferentes

Após obter uma faixa de fotografias aéreas, o avião retorna por uma outra rota, que recobre entre 10 a 30% da faixa lateral anterior (Figura 5.4). Notamos que alguns pontos do terreno, dentro da zona de recobrimento, são fotografados várias vezes em *ambas* as faixas, aparecendo, nos recobrimentos normais, em até seis fotografias no máximo (Figura 5.5). Para a estereoscopia completa de uma faixa, precisamos de um recobrimento igual a, pelo menos, 50% entre cada par de fotos em seqüência. Normalmente, o recobrimento atinge até 60%, para evitar “buracos” na cobertura..

Os “buracos” podem acontecer, principalmente, por causa das oscilações da altura de vôo e do vento. Algumas vezes, o avião tem problemas de “derivar” (drift), ou de “desvio” (crab = caranguejo) (Figura 5.6), ou ainda de “inclinação” (tilt); todos estes são ocorrências não-intencionais. Geralmente, as fotos com demasiados efeitos de deriva, desvio ou inclinação, não são aceitas pelo requisitante do vôo. Neste caso, o trabalho precisará ser refeito. Por isto, muito raramente encontramos fotografias com sérios problemas desses tipos.

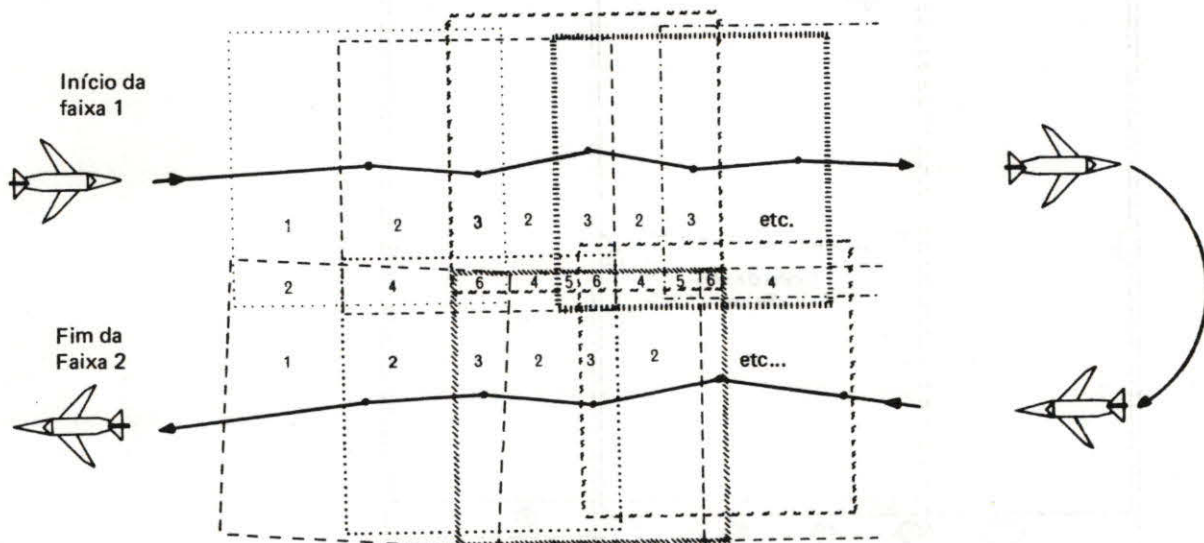


FIGURA 5.5 – Recobrimento de fotografias aéreas mostrando deriva e desvio. (Nota: Os números indicam a quantidade de fotos que recobre uma mesma área.)

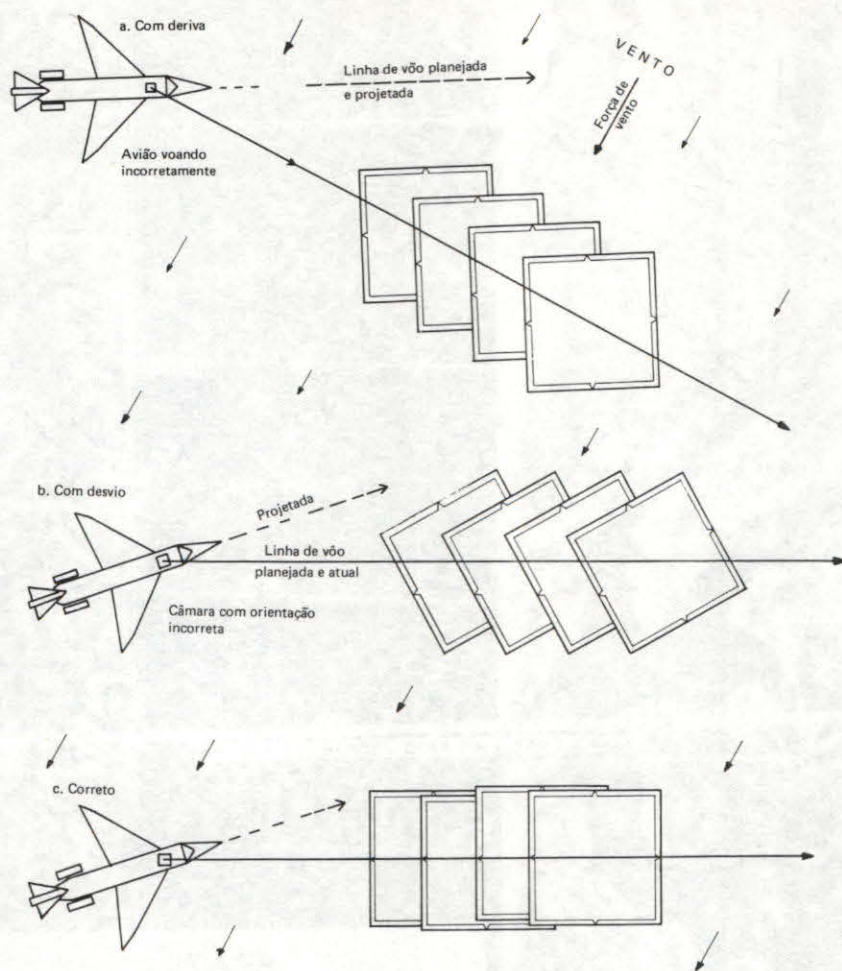


FIGURA 5.6 – Deriva e desvio na tomada de fotografias aéreas

5.4. ÍNDICES DE FOTOGRAFIAS AÉREAS

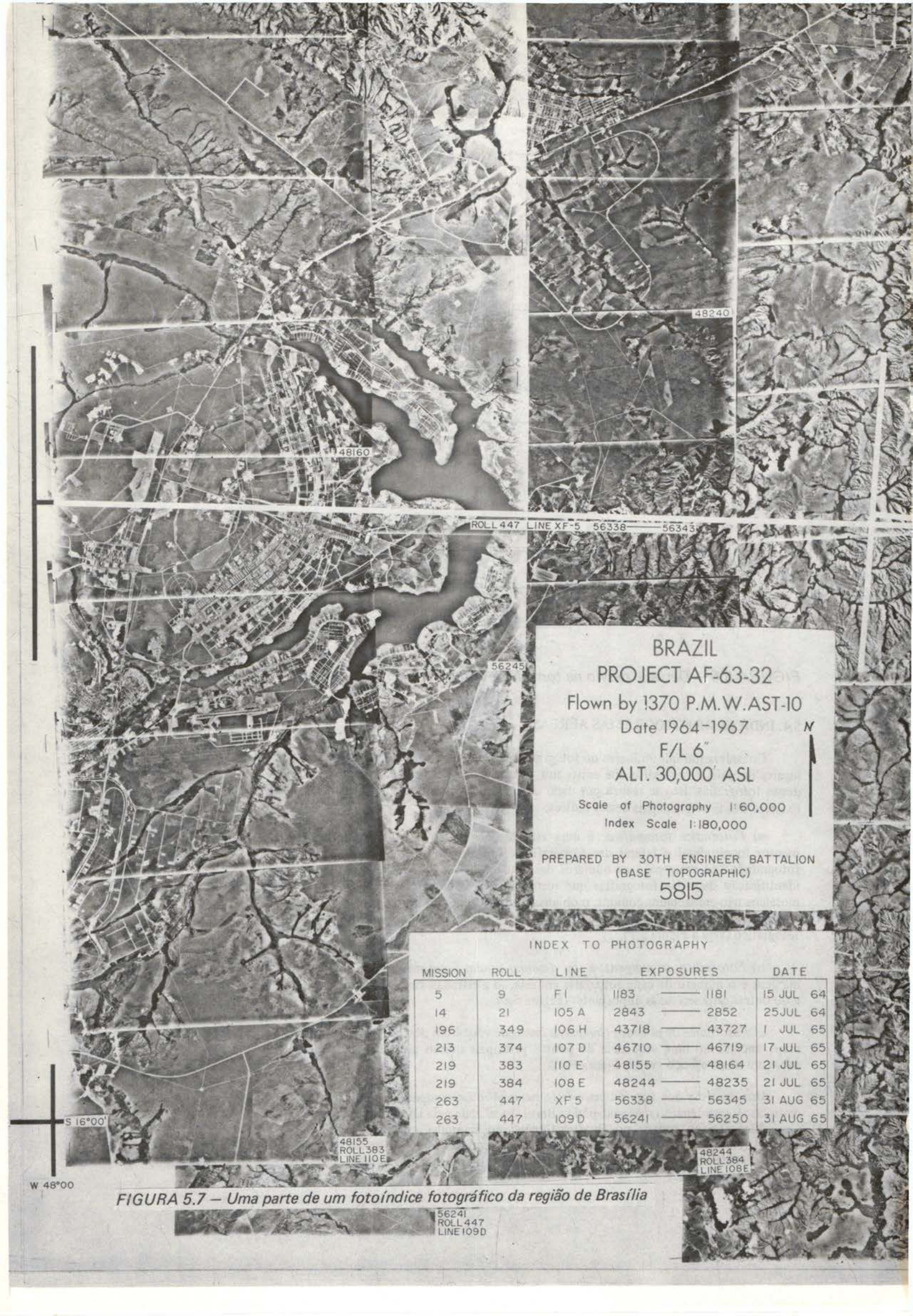
Considerando que milhares de fotografias são tiradas a cada ano, e de vários lugares do país, é necessário que exista um sistema de classificação e de numeração dessas fotografias. Isto se realiza por meio da elaboração de índices de fotografias. Existem três tipos principais desses índices:

a) *Fotoíndice fotográfico*: é uma espécie de mosaico, no qual os recobrimentos longitudinal e lateral das fotografias estão sobrepostos e o resultado é fotografado. As margens e os números das fotografias são visíveis, permitindo a identificação daquelas fotografias que recobrem a área de interesse. NOTA: Em mosaicos não-controlados comuns, o objetivo é unir fotografias cortadas de maneira a não mostrar as linhas de união entre elas. Este não é o caso do fotoíndice fotográfico (veja a Figura 5.7).

b) *Fotoíndice de margens*: é um desenho similar a um mapa, mostrando as margens e o número de cada fotografia em relação a estradas, canais hidrográficos, e/ou outras características importantes (Figura 5.8).

c) *Fotoíndice de pontos principais e linhas de vôo*: é um desenho similar a um mapa, mostrando uma seqüência de pontos principais unidos pelas linhas de vôo sobre um mapa-esboço (veja a Figura 5.9).

Um controle dos fotoíndices é feito pelas próprias companhias aerofotográficas. A coordenação nacional, para o Brasil, é realizada pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), situada no Quartel General do Exército, em Brasília (Setor Militar Urbano). A DSG trabalha em comum acordo com o Estado Maior das Forças Armadas (EMFA) para a autorização da tomada de fotografias aéreas no país.



BRAZIL
PROJECT AF-63-32
 Flown by 1370 P.M.W.AST-10
 Date 1964-1967
 F/L 6"
 ALT. 30,000' ASL
 Scale of Photography 1:60,000
 Index Scale 1:180,000
 PREPARED BY 30TH ENGINEER BATTALION
 (BASE TOPOGRAPHIC)
5815

INDEX TO PHOTOGRAPHY

MISSION	ROLL	LINE	EXPOSURES		DATE
5	9	F I	1183	1181	15 JUL 64
14	21	105 A	2843	2852	25 JUL 64
196	349	106 H	43718	43727	1 JUL 65
213	374	107 D	46710	46719	17 JUL 65
219	383	110 E	48155	48164	21 JUL 65
219	384	108 E	48244	48235	21 JUL 65
263	447	XF 5	56338	56345	31 AUG 65
263	447	109 D	56241	56250	31 AUG 65

FIGURA 5.7 – Uma parte de um fotoíndice fotográfico da região de Brasília

W 48°00'

S 16°00'

48155
ROLL 383
LINE 110E

48244
ROLL 384
LINE 108E

56241
ROLL 447
LINE 109D

FOTO-ÍNDICE DE UMA PARTE DO DISTRITO FEDERAL

ESCALA (APROX) DAS FOTOS 1:20.000

1966

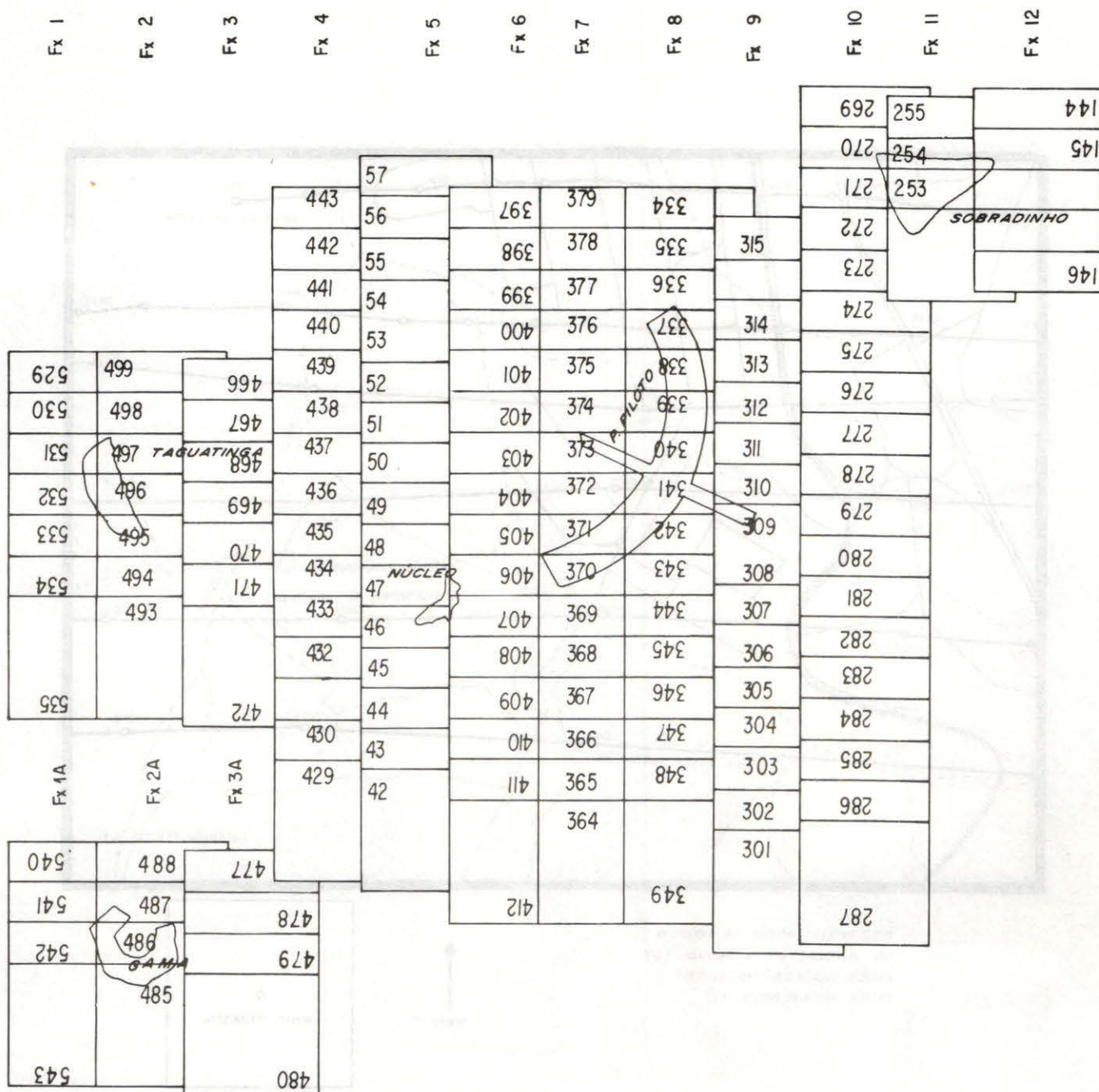
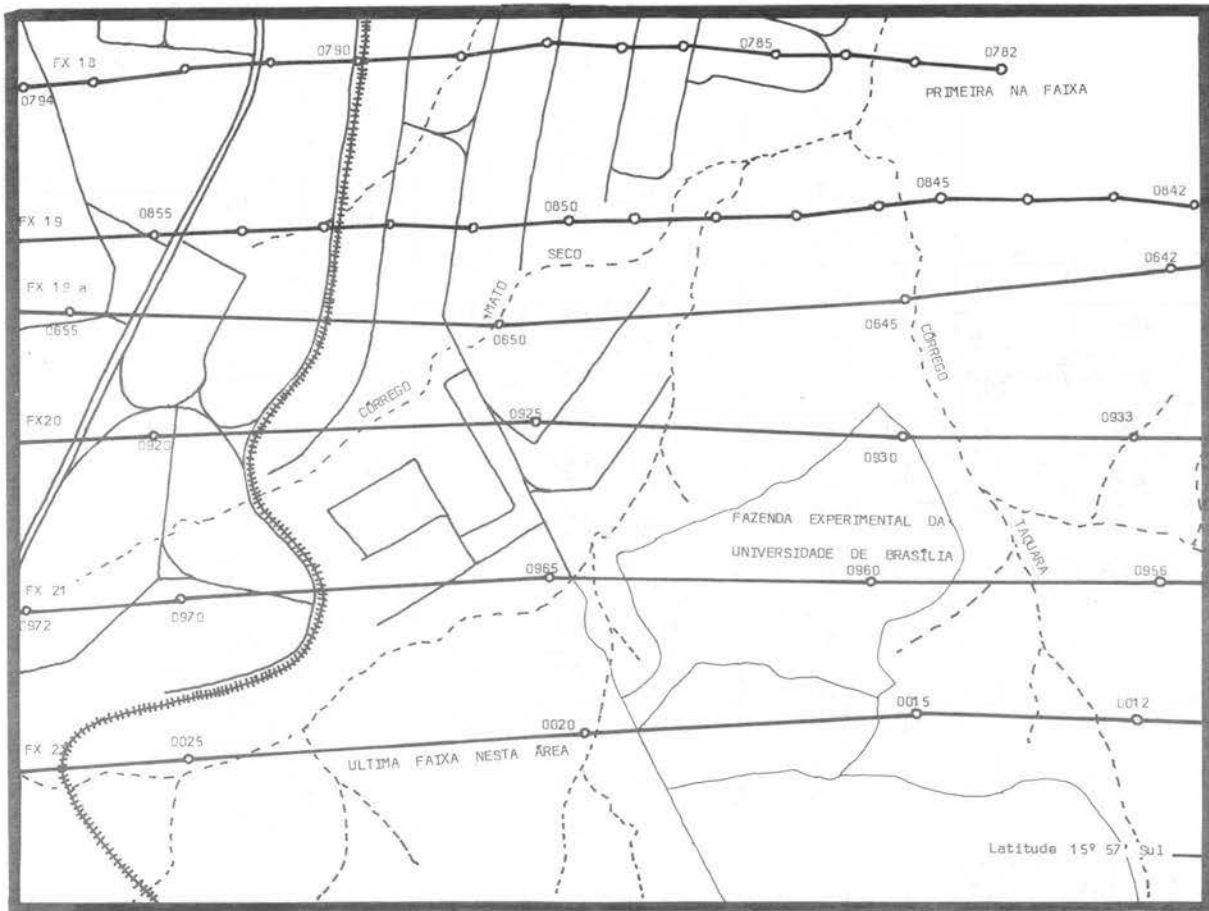


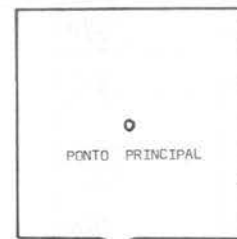
FIGURA 5.8 – Um fotoíndice de margens da área de Brasília, voo do ano 1966

5.5. OBSERVAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS ISOLADAS :

Por enquanto, só estamos estudando fotografias isoladas, soltas. Uma sugestão feita por Strandberg (1967) é a de que, quando se está estudando uma fotografia isolada, é bom fechar um dos olhos e observá-la assim, só com o outro olho. É como se estivéssemos colocando o olho na mesma posição da câmara no avião quando a fotografia foi tirada. Isto é para ajudar a não nos enganarmos com os aspectos da terceira dimensão, pois a fotografia sem par, que estamos observando, é realmente uma superfície lisa e plana.



FOTOGRAFIAS AÉREAS DA CODEPLAN
 VÔO Nov/Dez 1977 e Mar/Abr 1978
 ESCALA DAS FOTOGRAFIAS 1: 8000
 ESCALA DO FOTOÍNDICE 1:



TAMANHO DE UMA FOTO
 COMO ESCALA DESTA FOTOÍNDICE

FIGURA 5.9 – Um fotoíndice de pontos principais, da área de Brasília, vôo do ano 1977/78

5.6. ESTEREOSCÓPIOS

5.6.1. Estereoscópio de lentes simples

Esse é o nome correto de um aparelho pequeno, dotado de duas lentes uma para cada olho. Comumente, ele é chamado “estereoscópio de bolso”; esta denominação advém da característica que alguns modelos têm de permitir que seus suportes sejam dobráveis, cabendo num bolso qualquer.

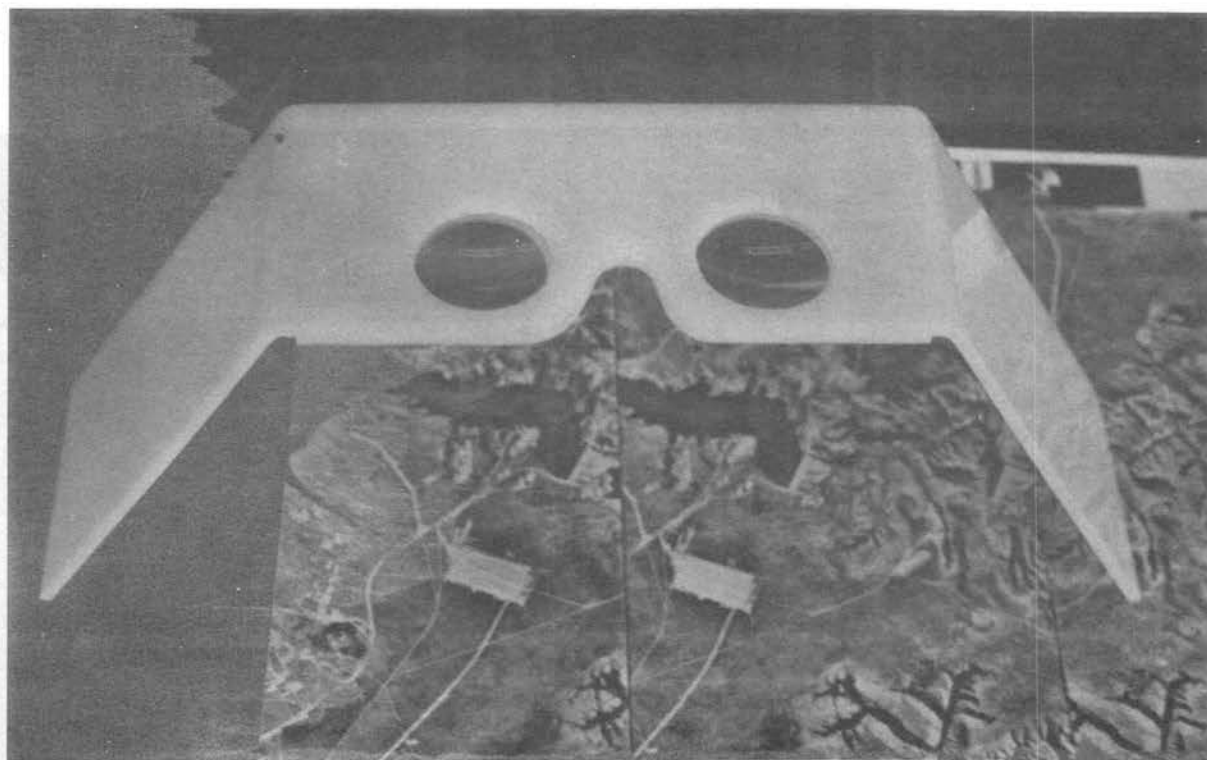


FIGURA 5.10 – Estereoscópio de lentes simples (fabricado por P.S. Anderson)

Os estereoscópios de lentes simples, de uma maneira geral, têm, aproximadamente, uma distância focal igual a 12cm, e um aumento ótico de 2,2 vezes. Contudo eles oferecem a desvantagem de serem incômodos para a confecção de desenhos e iluminação das fotos. O ajuste móvel para a distância interpupilar é comum nesses modelos, porém não absolutamente essencial. A Companhia *Zeiss* e outras produzem milhares de unidades com distância interpupilar fixa, as quais são simples e de baixo custo (Figura 5.10). A única precaução exigida para o manuseio desses tipos é a de evitar a visão divergente ou muito convergente por períodos extensos. Contudo, este aspecto é controlado muito mais pela separação das fotografias do que pela separação interpupilar fornecida pelo estereoscópio.

Finalmente, a principal desvantagem do estereoscópio de lentes é a de que, no manuseio de fotografias de tamanho 18 x 18cm ou 23 x 23cm, há superposição parcial das fotos (veja o Item 5.7.3). A fim de eliminar esta deficiência é que foi desenvolvido o estereoscópio de espelhos.

5.6.2. Estereoscópio de espelhos

O estereoscópio de espelhos (Figura 5.11) desvia os raios óticos por meio de espelhos (ou prismas), aumentando a separação entre as linhas de visão. Assim, é possível ver todo o modelo tridimensional (60% de recobrimento) sem superposição das fotos. Isto permite uma melhor fixação das mesmas na mesa de trabalho.

As desvantagens do estereoscópio de espelho são seu custo (em torno de US\$ 1.000,00 dependendo do modelo, marca e equipamentos opcionais) e tamanho (o que dificulta o manuseio no campo). Entretanto, no gabinete, é o aparelho primordial do fotointérprete. Sem as binoculares, a visão obtida através do estereoscópio de espelho é ampla, de todo o modelo, porém com um fator de *redução* de tamanho de aproximadamente 0,8. Alguns modelos possuem pequenas lentes extras que ampliam um pouco a visão. As binoculares dos estereoscópios de espelhos ampliam de 3 a 8 vezes as imagens, permitindo a análise dos mínimos detalhes, mas, contudo, com um campo de visão muito menor. Um fotointérprete realiza melhor e mais rapidamente o seu trabalho quando sabe aproveitar todos os recursos do estereoscópio.

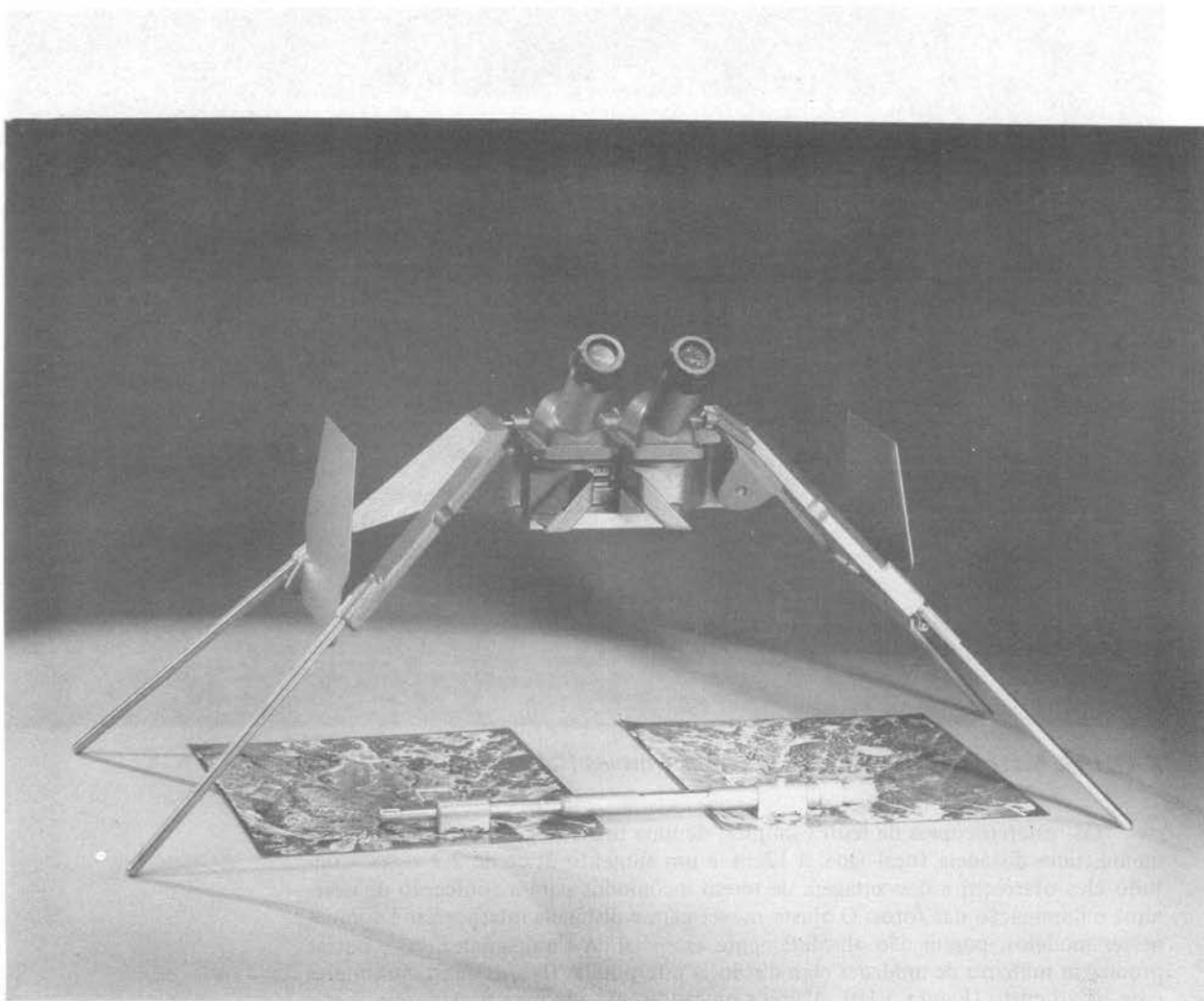


FIGURA 5.11 – Estereoscópio de espelho com barra de paralaxe (marca Wild, indústria alemã)

As linhas de visão paralelas definem a base instrumental de um estereoscópio de espelho, ou seja, a distância máxima entre os pontos homólogos de objetos fotografados. O processo de medição dessa base instrumental está descrito no segundo livro dessa série, intitulado *Técnicas para Fotointerpretação*.

5.6.3. Visão estereoscópica sem ajuda de estereoscópio

Algumas pessoas conseguem ver fotos estereoscopicamente sem auxílio de qualquer aparelho. O treinamento exigido para isso consiste em ver de perto um estereograma, utilizando uma folha de papel (ou a própria mão) como divisor entre as imagens homólogas. Para se obter resultados satisfatórios é preciso concentração, olhos descansados (o que se consegue vendo o infinito), e exercitação com a distância de observação, para que as imagens permaneçam focalizadas depois da fusão. As pessoas míopes têm uma vantagem, porque podem tirar seus óculos e ainda focar objeto localizados a distâncias de observação pequenas. Também podem praticar e obter a visão paralela mesmo a distância muito curtas de observação, através do exercício da “língua flutuante”, o qual se faz com os dedos indicadores horizontalmente opostos, tal como está mostrado na Figura 5.12. A “língua” é formada pelas imagens das pontas dos dedos, a do dedo direito no olho direito e a

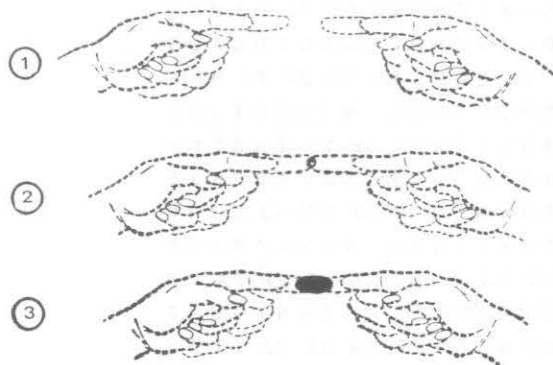


FIGURA 5.12 – O exercício da “língua” dos dedos, usado para desenvolver a visão estereoscópica sem o uso de um estereoscópio. (Cortesia do US Department of Defense.)

do dedo esquerdo no olho esquerdo. As imagens se “superpõem” na fusão mental. Separando as mãos lentamente a visão torna-se menos convergente, até se tornar paralela. Porém, poucas pessoas fariam um trabalho sério sem o apoio de um estereoscópio.

Os estereoscópios são aparelhos que facilitam a visão estereoscópica. Eles permitem também a ampliação ótica, que possibilita melhor percepção dos detalhes nas fotografias.

5.7. ORIENTAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS PARA OBSERVAÇÃO ESTEREOSCÓPICA

5.7.1. Introdução.

Sabemos, dos parágrafos anteriores, que, para termos visão estereoscópica, precisamos reconstruir em nossos olhos as posições das câmaras aéreas (a posição do gigante da Figura 5.1). Isto chama-se *alinhamento* ou orientação das fotos para observação estereoscópica, item do qual examinaremos agora três casos. O mais simples é aquele em que temos um par de fotos (ou imagens homólogas) pré-fixadas (ou já montadas) em posições corretas, sobre o qual somente precisamos colocar o estereoscópio à frente dos nossos olhos para a observação. Os testes de visão estereoscópica são exemplos deste primeiro caso (veja a Figura 5.13), assim como qualquer tipo de estereograma (veja a Figura 2.3).

Um estereograma consiste de imagens homólogas montadas de forma correta para a visão estereoscópica, separadas de um segmento de tamanho igual à distância

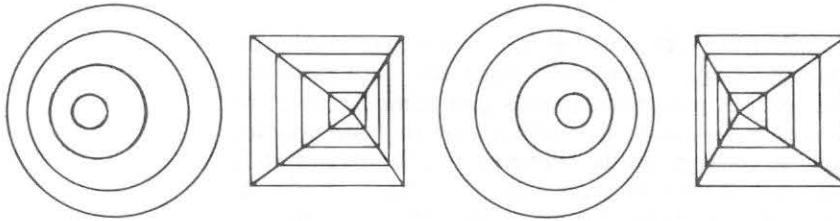


FIGURA 5.13a. — Teste de visão estereoscópica com separações entre pontos homólogos de 51mm até 65mm

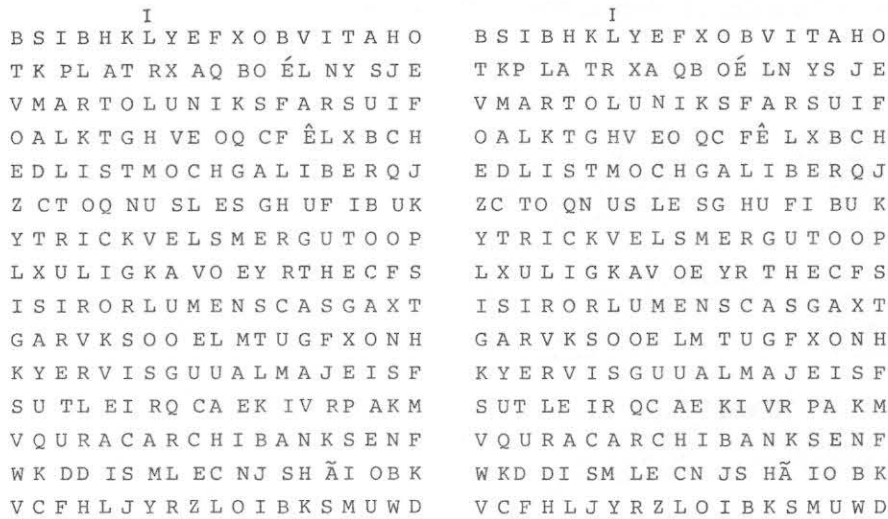


FIGURA 5.13b. — As letras têm uma mensagem em terceira dimensão

FIGURA 5.13 — Dois testes de visão estereoscópica

interpupilar do observador. Em geral, para ser utilizado por um maior número de leitores, ele é construído com uma separação de, aproximadamente, 60 milímetros.

Para a colocação de um estereoscópio de bolso sobre um estereograma (veja a Figura 5.14), é necessário que o estereoscópio esteja calibrado para a distância interpupilar do observador, e que cada olho e cada lente estejam diretamente acima das imagens homólogas. Quando temos um estereograma nesta posição, é possível que um pequeno ajuste no estereoscópio (rotação) seja necessário para que a imagem vista por um olho não fique mais “elevada”, no sentido do eixo Y, do que a imagem do outro olho. Algumas vezes, a mudança precisa ser feita na posição da cabeça do observador, pois, girando-a um pouco, ele notará que as imagens se deslocam no sentido do eixo Y. Todo esse processo consiste no alinhamento dos olhos, das lentes do estereoscópio e das imagens homólogas numa única linha paralela ao eixo X do estereograma. Este processo é indispensável, e é algo que faremos sempre para qualquer tipo de alinhamento de fotografias aéreas, como veremos noutros parágrafos.

Com um correto alinhamento em relação ao eixo X, cada olho vê uma imagem ligeiramente diferente. Quando piscamos os olhos um de cada vez, podemos ver o mesmo objeto (por exemplo, um prédio no estereograma, ou uma letra no teste de visão estereoscópica), particularmente, com cada olho. Queremos que essas imagens (uma em cada olho) coincidam, ou seja, fiquem sobrepostas. Quando o leitor estiver estudando um estereograma, ele poderá “avistar” o que aparece com 3 imagens: a da esquerda e a da direita, enxergadas com os olhos correspondentes, mais a imagem mental, que está no meio. Neste caso, deverá concentrar-se na do meio e não olhar as laterais. Quando os objetos, nessa imagem central, unirem-se, se

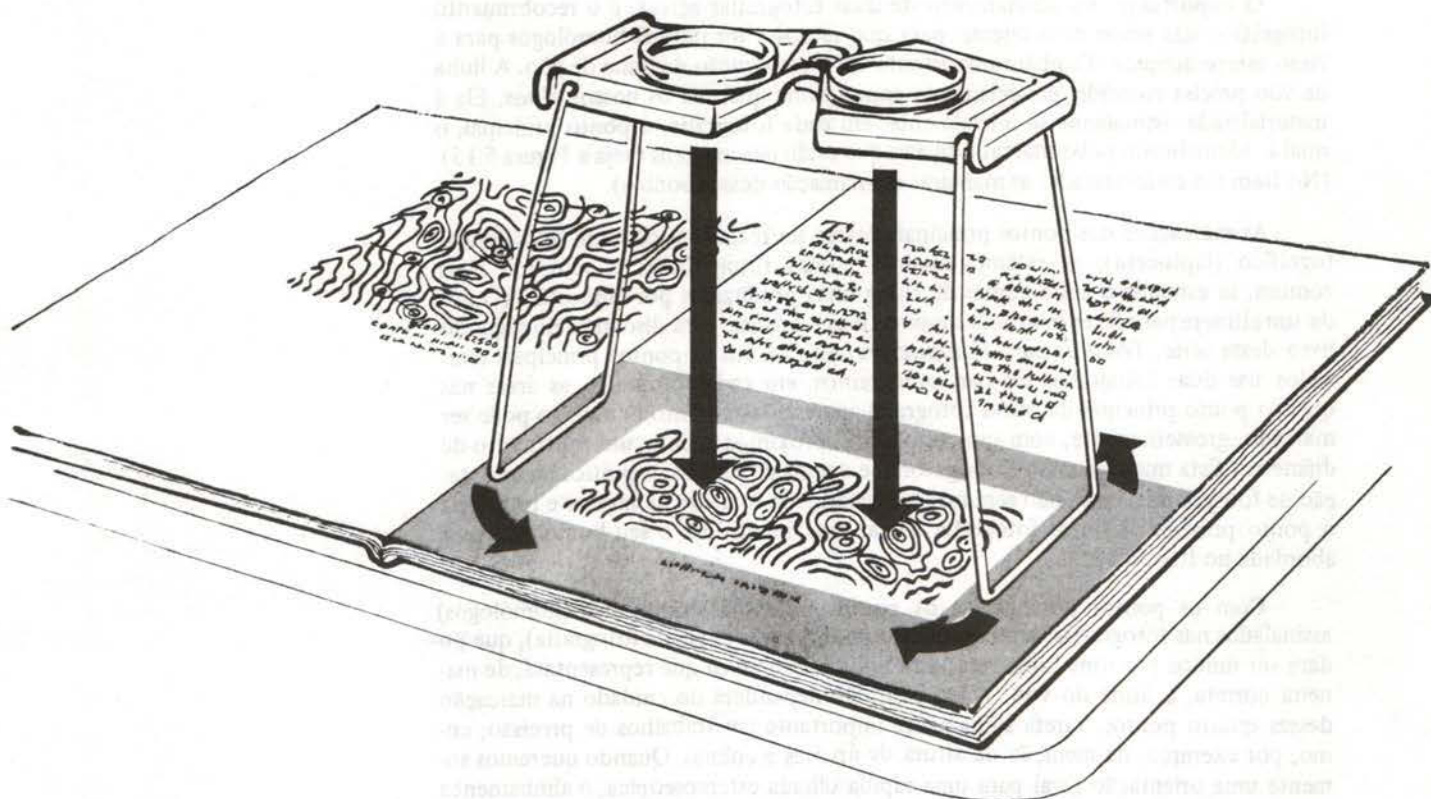


FIGURA 5.14 – Uso de um estereoscópio de bolso para ver um estereograma em terceira dimensão (Fonte: MacMahan, 1972)

colocarem um em cima do outro, conseguir-se-á ver em terceira dimensão. Para muitas pessoas, esse processo é fácil. Se o leitor tiver dificuldade em obter a imagem estereoscópica, deverá procurar um professor para auxiliá-lo. Ele poderá utilizar vários métodos, como por exemplo, colocar um dedo em cima de cada imagem homóloga e pedir ao observador que, vendo através do estereoscópio, faça estes dois dedos coincidirem. Separando lentamente os dedos a visão se tornará paralela, e isto é necessário para a percepção do estereograma em terceira dimensão. Você mesmo

poderá praticar essa técnica, começando com os seus dois dedos indicadores afastados um do outro por um intervalo menor do que a distância de separação dos pontos homólogos das fotografias, e, vagarosamente, ir afastando-os, até fazê-los coincidir com as respectivas imagens homólogas do estereograma. Um pouco de paciência e dedicação para realizar esta tarefa ajudarão aos que têm problemas em conseguir a fusão mental estereoscópica. Outra sugestão é descansar os olhos, através da observação de objetos distantes. (50 metros ou mais) e, em seguida, procurar ver o estereograma. Uma outra ajuda é erguer a cabeça um pouco acima do estereoscópio.

5.7.2. Alinhamento para a visão com um estereoscópio de espelho (veja a Figura 5.15)

Para entender o alinhamento ("orientação") das fotografias aéreas, é mais fácil pensar na situação de um estereoscópio de espelho, ou qualquer outro instrumento fotogramétrico que possua uma base de separação entre fotografias aéreas maior do que 15 centímetros. A importância dessa base de separação é que podemos ver todo o modelo estereoscópico sem ter uma fotografia sobreposta à outra. (As fotografias geralmente medem 23 por 23 centímetros; contudo, o recobrimento fotográfico é de 60% — na maioria dos casos —, ou seja, 14 centímetros. Examinaremos a situação do estereoscópio de bolso num parágrafo posterior).

O importante, no alinhamento de duas fotografias aéreas, é o recobrimento fotográfico das zonas de interesse, para que se possa ter pontos homólogos para a visão estereoscópica. Também importante é a reconstrução da linha de vôo. A linha de vôo precisa coincidir paralelamente com a linha que une os nossos olhos. Ela é materializada assinalando-se inicialmente, em cada fotografia, o ponto principal, o qual é identificado pelas marcas fiduciais que estão nas margens (veja a Figura 5.15). (No Item 6.8 estão tratadas as maneiras de marcação desses pontos).

As marcações dos pontos principais devem ser realizadas com um lápis dermatográfico (lápis-cera), se estamos usando cópias fotográficas; e com um lápis comum, se estamos usando cópias de fotografias produzidas por impressão. (O uso de um alfinete para fazer marcações muito finas e precisas está discutido no segundo livro dessa série, *Técnicas para Fotointerpretação*). Com os pontos principais marcados nas duas fotografias do par, procuramos, em cada fotografia, as áreas nas quais o ponto principal da outra fotografia aparece. Este ponto homólogo pode ser marcado, grosseiramente, com um círculo de, aproximadamente, um centímetro de diâmetro. Esta marcação não é obrigatória, e depois de se possuir prática na orientação de fotografias aéreas, não será mais necessária. (A maneira de marcar e transferir o ponto principal à outra fotografia aérea, para identificar o seu homólogo, será abordada no Item 6.8.).

Com os pontos principais e os pontos principais conjugados (homólogos) assinalados nas fotografias, teremos quatro pontos (dois em cada fotografia), que podem ser unidos por uma linha reta; esta linha será a única que representará, de maneira correta, a linha do vôo. A sua exatidão dependerá do cuidado na marcação desses quatro pontos, tarefa sumamente importante em trabalhos de precisão, como, por exemplo, na medição da altura de árvores e colinas. Quando queremos somente uma orientação geral para uma rápida olhada estereoscópica, o alinhamento pode ser mais rústico. É notável que a marcação da linha de vôo independe das marcas e eixos fiduciais.

Somente após ter as respectivas linhas de vôo construídas, é que podemos separar as fotografias aéreas, segundo um eixo de orientação contínuo de uma a outra fotografia, afastando-as de um intervalo equivalente à distância-base do instrumento, a qual varia de um modelo para outro. Devemos lembrar que essa distância-base não será medida nem entre as margens das fotografias nem entre os seus pontos principais. O procedimento correto é a separação entre um ponto e seu respectivo homólogo; por exemplo, do ponto principal de uma foto até o seu homólogo (conjugado), que aparece na segunda fotografia aérea. Após, fixar as fotografias tal como se vê na Figura 5.15 d; então colocar o estereoscópio de espelho em cima.

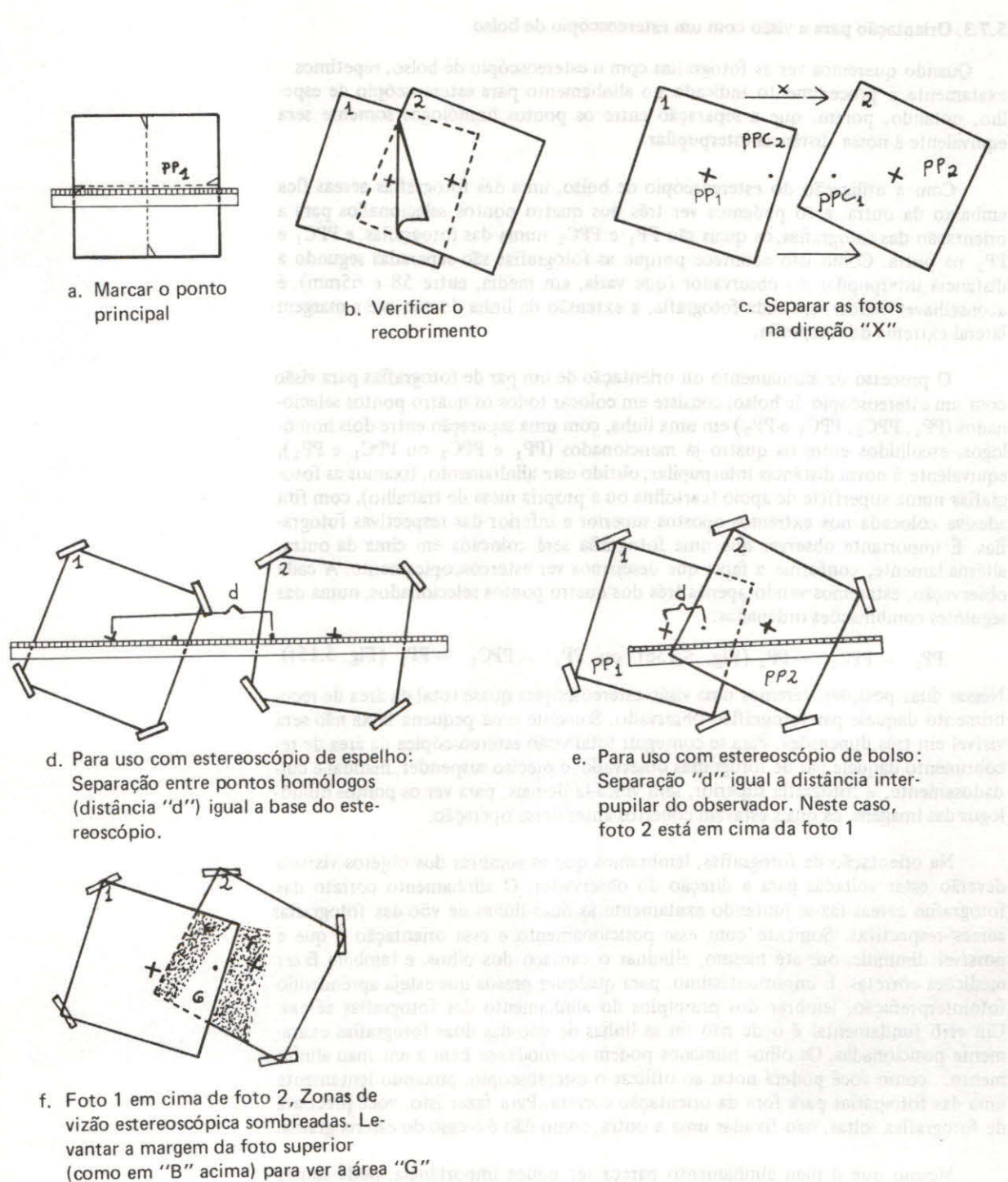


FIGURA 5.15 — Alinhamento de fotografias aéreas para visão estereoscópica. (Nota: Tem desvio exagerado)

5.7.3. Orientação para a visão com um estereoscópio de bolso.

Quando queremos ver as fotografias com o estereoscópio de bolso, repetimos exatamente o procedimento indicado no alinhamento para estereoscópio de espelho, notando, porém, que a separação entre os pontos homólogos somente será equivalente à nossa distância interpupilar.

Com a utilização do estereoscópio de bolso, uma das fotografias aéreas fica embaixo da outra, e só podemos ver três dos quatro pontos selecionados para a orientação das fotografias, os quais são PP_1 e PPC_2 numa das fotografias, e PPC_1 e PP_2 na outra. Como isto acontece porque as fotografias são separadas segundo a distância interpupilar do observador (que varia, em média, entre 58 e 65mm), é aconselhável marcar, em cada fotografia, a extensão da linha de vôo até a margem lateral extrema da fotografia.

O processo de alinhamento ou orientação de um par de fotografias para visão com um estereoscópio de bolso, consiste em colocar todos os quatro pontos selecionados (PP_1 , PPC_2 , PPC_1 e PP_2) em uma linha, com uma separação entre dois homólogos, escolhidos entre os quatro já mencionados (PP_1 e PPC_2 ou PPC_1 e PP_2), equivalente à nossa distância interpupilar; obtido este alinhamento, fixamos as fotografias numa superfície de apoio (cartolina ou a própria mesa de trabalho), com fita adesiva colocada nos extremos opostos superior e inferior das respectivas fotografias. É importante observar que uma fotografia será colocada em cima da outra, alternadamente, conforme a faixa que desejamos ver estereoscopicamente. A cada observação, estaremos vendo apenas três dos quatro pontos selecionados, numa das seguintes combinações ordenadas:

$PP_1 - PPC_2 - PP_2$ (Fig. 5.15e) ou $PP_1 - PPC_1 - PP_2$ (Fig. 5.15f)

Nessas duas posições, teremos uma visão estereoscópica quase total da área de recobrimento daquele par fotográfico observado. Somente uma pequena faixa não será visível em três dimensões. Para se conseguir total visão estereoscópica da área de recobrimento daquele par de fotografias observado, é preciso suspender, manual e cuidadosamente, a fotografia superior, sem vincá-la demais, para ver os pontos homólogos das imagens, os quais estavam cobertos antes dessa operação.

Na orientação de fotografias, lembramos que as sombras dos objetos visíveis deverão estar voltadas para a direção do observador. O alinhamento correto das fotografias aéreas faz-se juntando exatamente as duas linhas de vôo das fotografias aéreas respectivas. Somente com esse posicionamento e essa orientação é que é possível diminuir, ou, até mesmo, eliminar o cansaço dos olhos, e também fazer medições corretas. É importantíssimo, para qualquer pessoa que esteja aprendendo fotointerpretação, lembrar dos princípios do alinhamento das fotografias aéreas. Um erro fundamental é o de não ter as linhas de vôo das duas fotografias exatamente posicionadas. Os olhos humanos podem acomodar-se bem a um mau alinhamento, como você poderá notar ao utilizar o estereoscópio, puxando lentamente uma das fotografias para fora da orientação correta. Para fazer isto, você precisará de fotografias soltas, não fixadas uma a outra, como não é o caso do estereograma.

Mesmo que o mau alinhamento pareça ter pouca importância, pode causar dois prejuízos sérios:

1. Os olhos se cansam mais rapidamente e podem ser danificados, depois de muito abuso;
2. Não será possível obter medidas de alturas com precisão.

5.8. PSEUDOESTEREOCOPIA, ESTEREOCOPIA, IMAGEM PLANA E EXAGERO VERTICAL

A Figura 5.16 mostra três orientações diferentes para a visão estereoscópica de uma mesma pirâmide. É possível ver estereoscopicamente essa Figura.

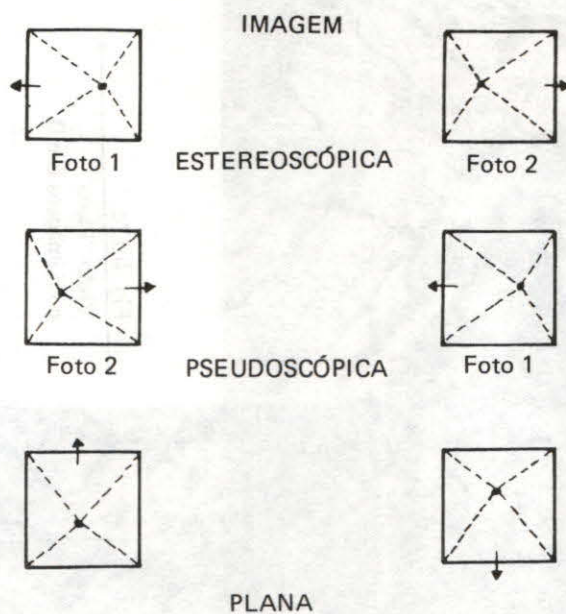


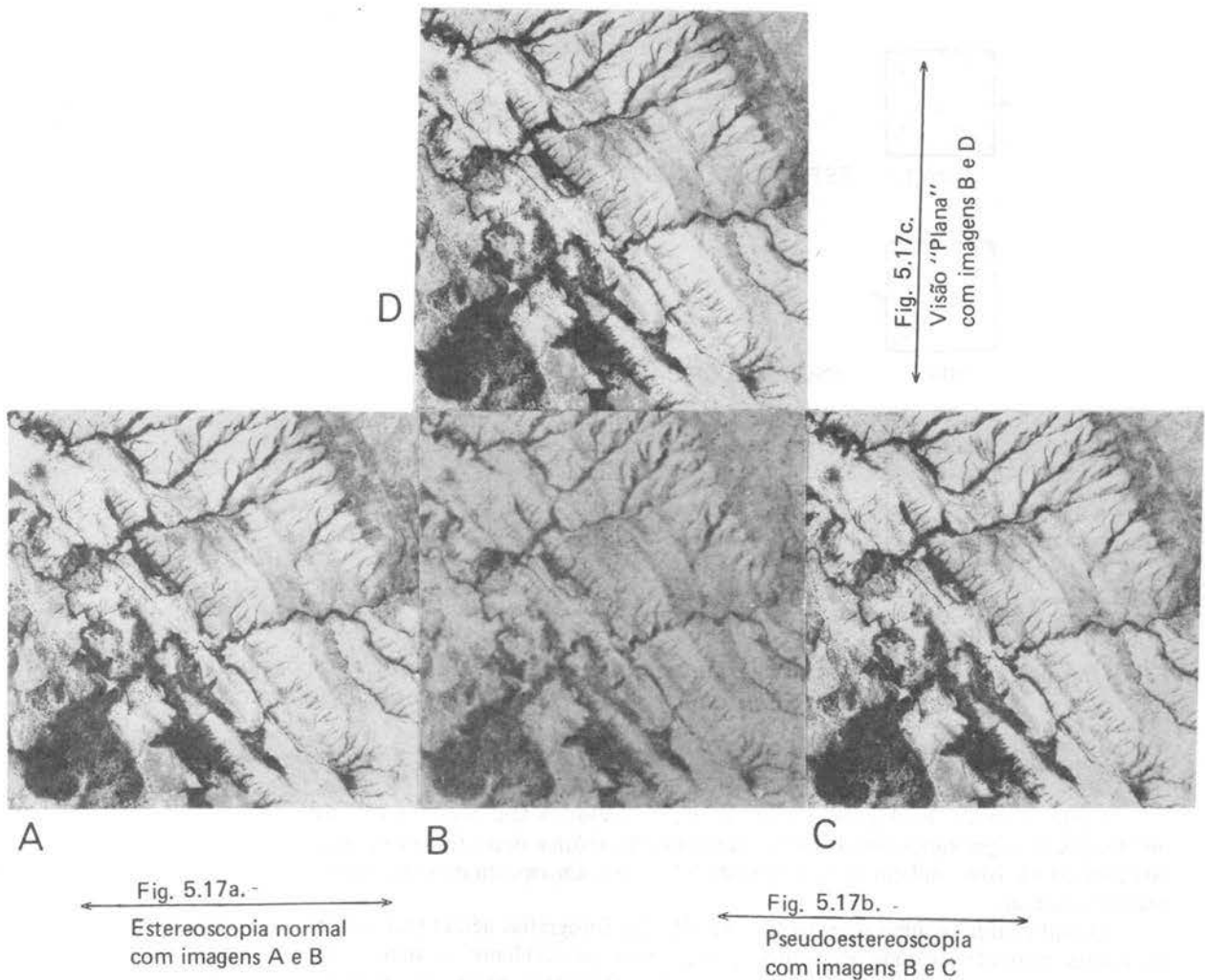
FIGURA 5.16 – Três estereogramas diagramáticos mostrando as orientações básicas de um par de imagens. (As setas indicam a direção ao ponto principal em cada imagem)

Como é visível na Figura 5.16 a, os pontos elevados têm seus respectivos homólogos mais próximos um do outro (a explicação teórica deste fenômeno está no Capítulo 8). Isto também se vê na Figura 5.17 a, e é um aspecto da visão estereoscópica normal.

Quando fazemos uma orientação invertida das fotografias aéreas (fotografia da direita colocada do lado esquerdo, e vice-versa), por acidente ou mesmo de propósito, conseguimos a inversão do relevo. A esse fenômeno chamamos de *pseudoestereoscopia* (veja as Figuras 5.16 b e 5.17 b), no qual os pontos elevados, cujos homólogos normalmente ficam mais próximos, estão mais afastados com a troca das posições das fotografias, oferecendo, em consequência, uma imagem invertida. A pseudoestereoscopia não tem muita utilidade. Às vezes, os geólogos, a usam para acentuar drenagem, especialmente em zonas sem florestas. Mas, a pseudoestereoscopia é contrária à visão normal, ao nosso entendimento normal de elevações e profundidades no meio-ambiente, e tende a confundir o fotointérprete.

Outra forma de orientação incorreta das fotografias ocorre quando uma das fotos está deslocada em relação ao eixo Y, isto é, quando as linhas de vôo das duas fotografias (uma em cada) não coincidem sobre uma única reta, que é o eixo X. Isto resulta numa imagem plana, sem elevações, embora aparentemente as fotografias estejam corretamente alinhadas. Essa orientação "plana" de fotografias acontece quando, depois de se colocar as fotografias uma sobre a outra para verificar o recobrimento, não se observa as posições dos dois pontos principais e dos dois pontos principais conjugados, fazendo-se a separação na direção que, realmente, é do eixo Y, em vez de fazê-la na direção do eixo X. As Figuras 5.16 a e 5.17 c mostram essa maneira errada de alinhar fotografias.

A Figura 5.18 é um estereograma especial, elaborado para mostrar um fenômeno chamado *exagero vertical*. Devido às próprias características da tomada das fotografias aéreas, o modelo tridimensional normalmente apresenta um exagero na sua escala vertical. Este exagero, geralmente, é da ordem de duas a três vezes em relação à escala planimétrica. No segundo volume desta série faz-se uma apresentação mais técnica deste fenômeno, o qual ajuda muito na observação de variações de alturas no modelo estereoscópico.



Obs.: Imagens A, C e D são exatamente iguais (mesma foto); somente suas posições são diferentes em relação à imagem B.

FIGURA 5.17 — Três estereogramas fotográficos mostrando as orientações básicas de um par de imagens

5.9 Notas Sobre os Cuidados a Serem Tomados com os Olhos

5.9.1. Quando você estiver observando fotos aéreas, é bom lembrar que quer usar a visão paralela, ou até um pouco convergente, mas nunca divergente.

5.9.2. Se você usa óculos, utilize-os com o estereoscópio.

5.9.3. Sempre é preciso uma adaptação ao estereoscópio; a prática no seu manuseio é necessária; inicialmente, não é aconselhável seu uso por mais de meia hora de cada vez.

5.9.4. O melhor descanso para os olhos é a observação de objetos distantes, mantendo a visão paralela. (A matéria fotointerpretação é, talvez, a única em que se permite olhar pela janela durante as aulas práticas).

5.9.5. Caso se encontre muita dificuldade com a visão estereoscópica, é importante avisar disto ao professor, para que ele verifique se algo não está sendo feito incorretamente, o que pode, inclusive, provocar dor de cabeça ou desvios visuais.

5.9.6. Em algumas pessoas, os dois olhos não são iguais. Quando um olho é mais forte que o outro, ele tende a dominar a visão, sem que a pessoa se dê conta disso. Um recurso usado para controlar este defeito é fechar um pouco o olho mais forte,

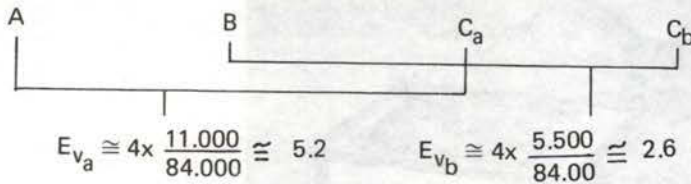


FIGURA 5.18 — Estereograma especial mostrando dois exageros verticais diferentes para uma mesma área. (Escala das fotos 1:55.000 (aprox) (imagens C_a e C_b são idênticas, isto é, duas cópias da imagem da foto "c".)

equilibrando, dessa maneira, a visão. É possível, até mesmo, fechar completamente o olho mais forte por alguns instantes, para se ter certeza de que a imagem do olho fraco está sendo recebida. Também, às vezes, quando os olhos são iguais, as fotografias aéreas não são. Ou ainda, pode acontecer que uma fotografia esteja coberta por um "overlay" de papel semi-transparente; neste caso, é também aconselhável fechar um pouco o olho que está dominando a visão.

5.9.7. É bom praticar piscando lentamente ambos os olhos independentemente, para que possamos ver diferenças entre as imagens das fotografias aéreas, e, também, verificar se estamos vendo imagens corretamente posicionadas.

5.9.8. Nunca será demasiado lembrar a necessidade de uma boa iluminação das fotografias aéreas sob o estereoscópio. Desta iluminação, de fato, depende em grande parte uma boa visão tridimensional. Na presença de uma iluminação fraca, as pupilas dos olhos devem dilatar-se para fazer entrar a maior quantidade possível de luz disponível; com as pupilas dilatadas, muitos dos efeitos visuais, em maior ou menor intensidade, reduzirão de muito a acuidade estereoscópica. Além disso, muitos detalhes fotográficos, amiúde perceptíveis somente devido a ligeiras mudanças de tonalidade, podem ser distinguidos, sobretudo, com uma iluminação boa e uniforme das fotos. A iluminação mais aconselhável é a fornecida pelas lâmpadas fluorescentes ajustáveis, que apresentam ainda a vantagem de produzir luz fria, não deformando, portanto, as fotografias com o seu calor; por conseguinte, estas podem permanecer perfeitamente distendidas sobre o plano da mesa.

5.10. ESTEREOSCÓPIOS PARA DUAS PESSOAS

Um aparelho muito útil, na aprendizagem da fotointerpretação, é o estereoscópio dual (Figura 5.19). Esse tipo de estereoscópio permite que duas pessoas possam observar, ao mesmo tempo, um par de fotografias aéreas. Existem, pelo menos, três fabricantes deste tipo de aparelho, com preços que variam entre 2.600 e 9.000 dólares. A grande vantagem desse aparelho é que, como foi dito acima, duas pessoas podem simultaneamente, ver, marcar e interpretar um mesmo par de fotografias aéreas. O estereoscópio dual é um aparelho muito útil no treinamento de fotointérpretes novatos, com um observador sendo o instrutor e o outro o aluno.

A parte ótica desses aparelhos é bastante complexa, pois cada um dos observadores possui independentes movimentos das binoculares tanto nos movimentos na direção do eixo X, como na do eixo Y. Também, eles possuem correções independentes da paralaxe em Y, a qual deve ser evitada, sempre que possível.

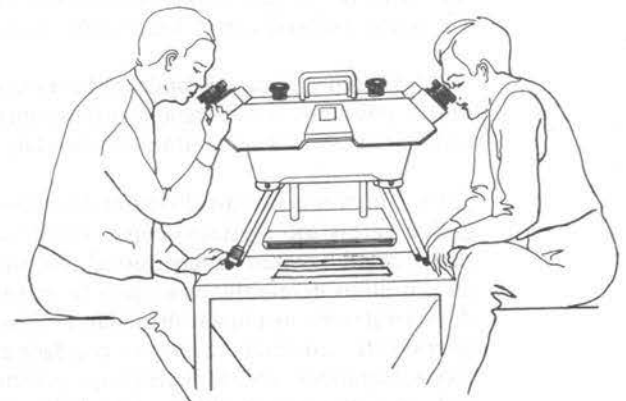
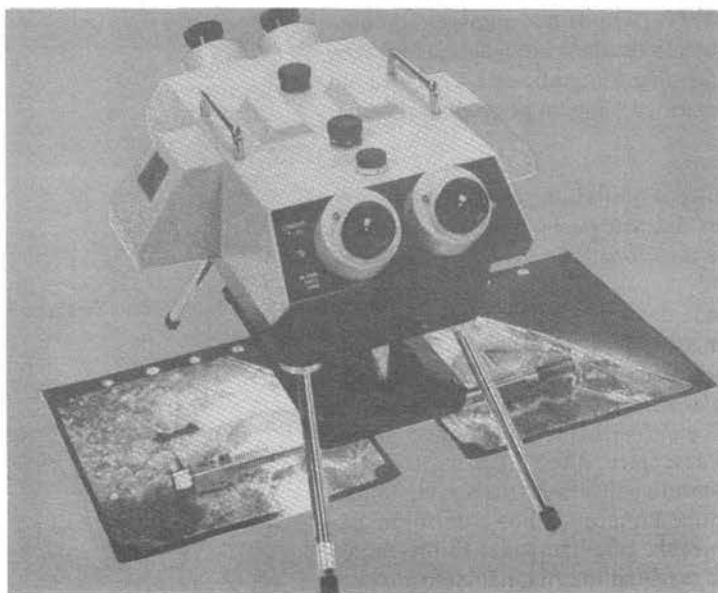
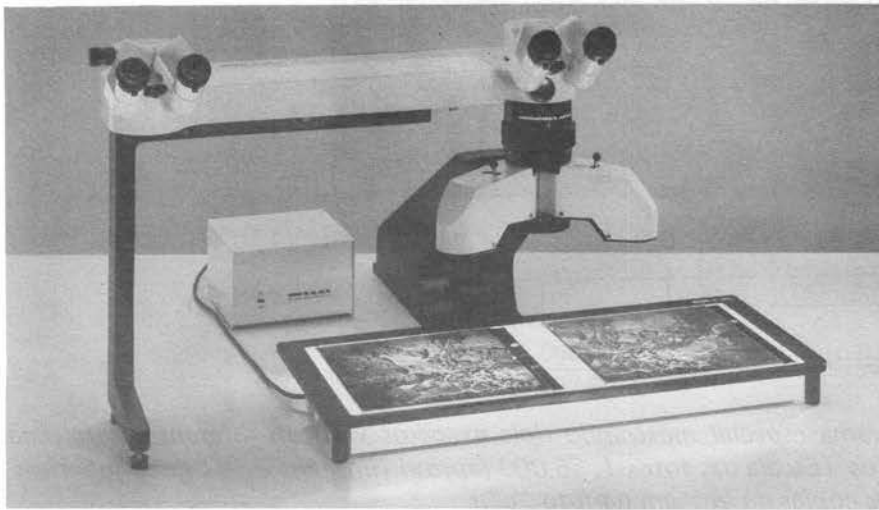


FIGURA 5.19 – Dois tipos de estereoscópio dual (marcas Wild e Condor)

6

Características Básicas das Fotografias Aéreas

Paul S. Anderson
Antonio Jorge Ribeiro

As fotografias aéreas são a matéria prima da fotointerpretação. Precisamos entender como elas são, conhecer suas informações marginais, características geométricas, regras para manutenção, deficiências mais comuns e outras informações; isto tudo para que sejamos capazes de aproveitar, eficientemente, dessa fonte de dados. As características geométricas básicas das fotografias aéreas estão apresentadas no Capítulo 7. A geometria, usada nos cálculos de altura dos objetos, faz parte do Capítulo 8. No momento, é importante entender as vantagens e desvantagens dessas fotografias.

6.1. FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS E OUTRAS

Uma maneira de classificar as fotografias aéreas é segundo a inclinação do eixo da câmara em relação ao terreno. De acordo com este critério, elas são de quatro tipos: verticais, oblíquas baixas, oblíquas altas, e horizontais (veja a Figura 6.1). As fotografias horizontais, que são aquelas tiradas no terreno, semelhantes às fotografias comuns que qualquer pessoa tira com uma câmara portátil, não são

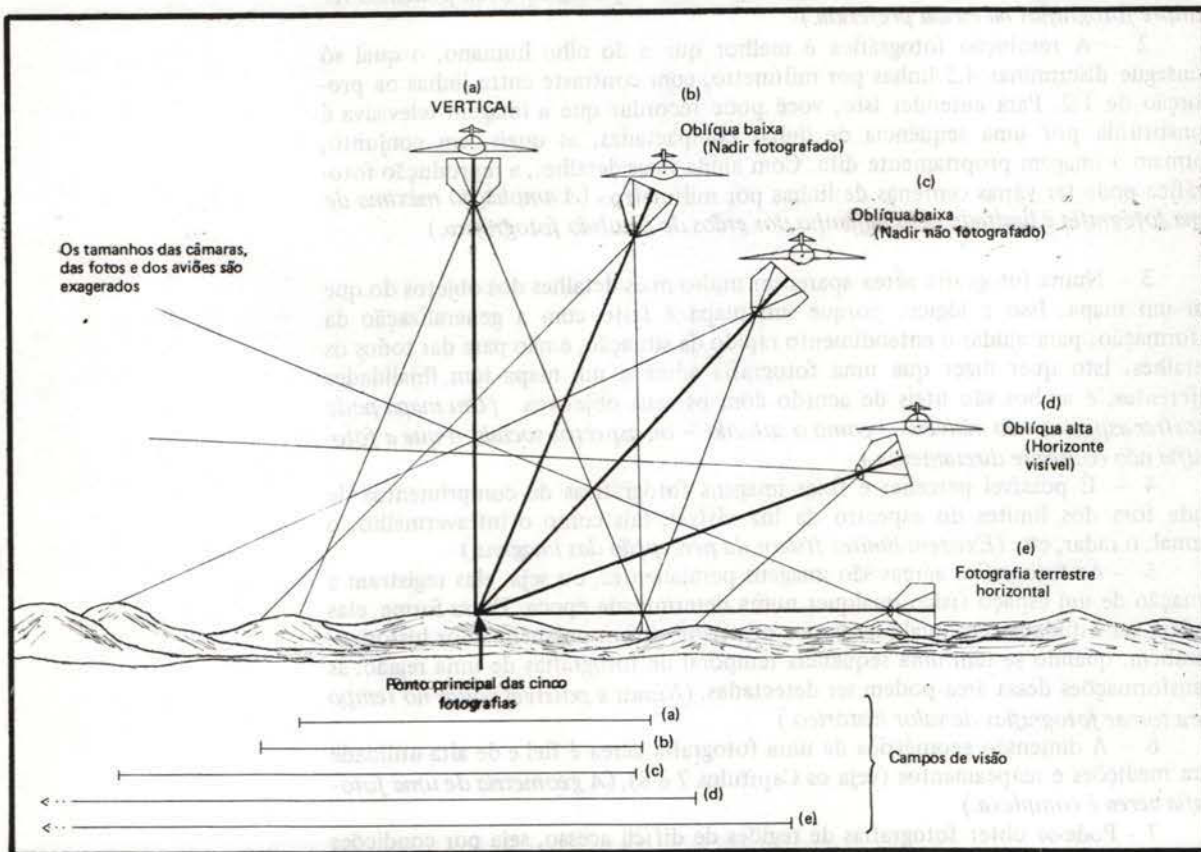


FIGURA 6.1 – Tipos de fotos segundo a orientação da câmara

utilizadas. As fotografias oblíquas (inclinadas) (veja a Figura 6.2) possuem vários problemas geométricos que dificultam a sua interpretação. Atualmente elas são raras e efetuadas com finalidades determinadas, especialmente durante as guerras. Neste livro não estudaremos esse tipo de fotografias. Por enquanto, nosso interesse se concentra nas fotografias verticais, ou seja, aquelas tomadas por uma câmara aérea cujo eixo é perpendicular ao solo. Para nossos fins, uma fotografia com até três graus de inclinação pode ser classificada como vertical. Para a fotogrametria, qualquer inclinação, por pequena que seja, é limitante; contudo, para fins fotointerpretativos, três graus de inclinação não têm influência na exatidão das medidas, interpretações, etc. Essa pequena inclinação nem é considerada, tendo em vista os instrumentos usados para a fotointerpretação. Assim, exceto nos casos em que se diga o contrário, daqui em diante, vamos supor que as fotografias sejam verticais.

Também, vamos supor que as fotografias não possuam nenhuma distorção causada pela lente fotográfica da câmara. Quase não existe distorção nas lentes das câmaras modernas, e a pequena porcentagem presente não tem influência no trabalho do fotointerprete; somente é do interesse de fotogrametristas e de pessoas sumamente especializadas em fotointerpretação.

6.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS VERTICAIS

Para cada vantagem, temos, pelo menos, uma desvantagem, que, de acordo com o caso em foco, requer maior ou menor atenção. Aqui estão enumeradas algumas vantagens, seguidas dos contrapontos que com elas se relacionam, esses citados em itálico:

1 – A verticalidade das fotografias aéreas proporciona um campo de observação melhor por ter um ponto de vista mais elevado; é como se subíssemos numa colina ou montanha para ter uma visão ampla de uma paisagem. *(Não podemos ter sempre fotografias na escala preferida.)*

2 – A resolução fotográfica é melhor que a do olho humano, o qual só consegue discriminar 4,5 linhas por milímetro, com contraste entre linhas na proporção de 1:2. Para entender isto, você pode recordar que a imagem televisiva é constituída por uma seqüência de linhas compactadas, as quais, em conjunto, formam a imagem propriamente dita. Com ainda mais detalhes, a reprodução fotográfica pode ter várias centenas de linhas por milímetro. *(A ampliação máxima de uma fotografia é limitada pelo tamanho dos grãos da emulsão fotográfica.)*

3 – Numa fotografia aérea aparecem muito mais detalhes dos objetos do que em um mapa. Isso é lógico, porque um mapa é feito com a generalização da informação, para ajudar o entendimento rápido da situação, e não para dar todos os detalhes. Isto quer dizer que uma fotografia aérea e um mapa têm finalidades diferentes, e ambos são úteis de acordo com os seus objetivos. *(Um mapa pode mostrar aspectos não visíveis – como o subsolo – ou aspectos sociais, o que a fotografia não consegue diretamente.)*

4 – É possível perceber e fixar imagens fotográficas de comprimentos de onda fora dos limites do espectro da luz visível, tais como o infravermelho, o termal, o radar, etc. *(Existem limites físicos da percepção das imagens.)*

5 – As fotografias aéreas são imagens permanentes, ou seja, elas registram a situação de um espaço físico qualquer numa determinada época. Dessa forma, elas podem ser estudadas em qualquer época posterior; assim, possuem valor histórico. Também, quando se tem uma seqüência temporal de fotografias de uma região, as transformações dessa área podem ser detectadas. *(Nunca é possível voltar no tempo para tomar fotografias de valor histórico.)*

6 – A dimensão geométrica de uma fotografia aérea é fiel e de alta utilidade para medições e mapeamentos (veja os Capítulos 7 e 8). *(A geometria de uma fotografia aérea é complexa.)*

7 – Pode-se obter fotografias de regiões de difícil acesso, seja por condições físico-geográfica, financeira ou política. *(Embora as dificuldades, às vezes, sejam insuperáveis.)*



FIGURA 6.2 – Fotografia aérea oblíqua do autódromo de Brasília. (Cortesia da CODEPLAN e DSG)

8 – O processo de tomada de fotografias aéreas é rápido e econômico, as atividades de orientação e estudo dessas fotografias também são relativamente rápidas. Com o manuseio de fotografias aéreas é possível fazer em um ou dois dias o que antigamente era feito em de sete a dez dias, dependendo da área e do tipo de estudo. *(As fotointerpretações precisam de verificações de campo.)*

9 – As fotografias aéreas permitem o reconhecimento de regiões num menor espaço de tempo. *(Isto somente é possível quando as fotografias existem e estão disponíveis.)*

10 – As fotografias aéreas, uma vez tomadas, podem ser usadas para diversos fins, ou seja, a mesma fotografia pode ser usada para mapeamento geográfico, para estudos geológicos, de transportes, de recreação, etc. *(As escalas e características ideais para uma disciplina não são as mesmas para outras.)*

11 – As fotografias aéreas permitem que se trabalhe no conforto de um gabinete. *(Contudo, não substituem completamente o trabalho de campo.)*

12 – Normalmente, pares de fotografias aéreas proporcionam visão estereoscópica com exagero vertical, permitindo muitas medições, coisa impossível de ser feita por uma pessoa sobrevoando uma região. *(O exagero vertical engana pessoas sem prática na fotointerpretação.)*

6.3. QUALIDADE DA FOTO-IMAGEM

Uma outra característica importante das fotografias é a qualidade das imagens reproduzidas. Sabemos que só o negativo tomado no momento de exposição da câmara é a mais exata imagem do terreno. Esta é a primeira geração. A segunda geração é constituída pelas cópias feitas geralmente por contato ou por negativos novos tirados por técnicas especiais. Este é comumente o melhor material que temos para o uso na fotointerpretação, e nele falta muito pouco da clareza que existe no negativo original.

Às vezes só temos disponíveis cópias fotográficas de outras fotografias, e, até mesmo, “cópias de cópias de cópias”, ou seja, de várias gerações. Também influi na qualidade da fotoimagem a redução e/ou a ampliação das imagens. Por exemplo, se a cópia é feita de um negativo menor, como o do filme de 35mm, a qualidade de detalhes é perdida na ampliação ao tamanho 23 x 23cm; o mesmo pode ser dito sobre a nitidez dos detalhes quando ocorre a redução.

A qualidade das fotografias aéreas também varia com o tipo de papel. Alguns são de textura mais grossa, outros mais fina. Também existem cópias não fotográficas (como as reproduzidas por xerox), que perdem muitos detalhes, e as cópias impressas (como as fotografias contidas neste livro). A impressão de fotografias depende de uma malha de pontinhos de tinta, superposta ao papel, num padrão tão denso que não é visível a olho nu; somente colocando-se um estereoscópio ou uma lupa sobre a cópia impressa da fotografia, é que é possível notar essa forma de reprodução. As cópias feitas por impressão gráfica nunca são iguais às fotográficas. Para fins de ensino, por causa do custo, freqüentemente temos que usar cópias feitas por impressão gráfica. Contudo, um fotointérprete sempre deve tentar ter as melhores cópias possíveis para o seu trabalho interpretativo.

6.4. INFORMAÇÃO MARGINAL

Vendo o exemplo da Figura 1.1, observamos algumas características da fotografia aérea. A fotografia é quadrada, comumente com 23 x 23cm; em uma das margens da imagem fotográfica do terreno existem pequenas imagens fotográficas de aparelhos instalados no avião, nas quais estão registradas as leituras desses respectivos aparelhos no instante em que a fotografia foi tirada. Estes aparelhos fornecem dados como: hora, data e altitude do voo, distância focal da câmara, e algumas outras características, dependendo do fabricante da câmara. Estas informações são apresentadas junto com cada fotografia do terreno. Também estão gravadas nas margens as *marcas fiduciais ou de colimação*, uma em cada lado, numa posição mediana ao segmento lateral; algumas fotografias têm outras marcas fiduciais colocadas em cada um dos seus cantos. Essas marcas podem ser de vários formatos (uma

seta, uma letra 'V', ou outros quaisquer), e são registradas no negativo no momento da tomada da fotografia, porque elas fazem parte da chapa que prende o filme fotográfico. As marcas fiduciais são usadas para identificar o centro da fotografia, denominado *ponto principal*, que possui características especiais.

6.5. SISTEMAS DE COORDENADAS NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

6.5.1. Coordenadas Milimétricas (CMM)

Outra informação contida na fotografia é o seu número, que é colocado depois da revelação do negativo e antes de se fazer as cópias em papel. Algumas fotografias também têm o número da faixa do voo ou do rolo do filme; estes números são constantes para fotografias de uma mesma faixa. O número individual de cada fotografia é usado para se conhecer a seqüência fotográfica.

O número da fotografia ainda tem outra utilidade. Cada fotografia deve tê-lo marcado em um só canto; assim, podemos colocá-lo em quaisquer destas seguintes posições: canto superior direito (S-D), superior esquerdo (S-E), inferior esquerdo (I-E), e inferior direito (I-D), dependendo da orientação que queremos para a fotografia aérea. Dispondo esse número numa posição (por exemplo, no canto I-E (inferior esquerdo) para a Figura 6.3), podemos utilizar um sistema de coordenadas para a localização de qualquer ponto ou objeto que esteja dentro da imagem fotográfica. Para indicar o ponto escolhido na fotografia (por exemplo, o ponto R da Figura 6.3), mede-se a distância, em milímetros, desde a linha reta da margem



FIGURA 6.3 – Exemplo do sistema de coordenadas milimétrica CMM.

Com o número da fotografia 7532 no canto inferior-esquerdo (I-E), a árvore do círculo tem coordenadas CMM 107 048. (Fotografia de Brasília, cortesia da CODEPLAN)

esquerda até aquele ponto (R). A medição deve ser perpendicular à margem. Depois, mede-se a partir da margem inferior (de baixo para cima) até R, também um certo número de milímetros. Se uma (ou ambas) dessas medidas for inferior a 100mm, coloca-se um zero na sua frente (esquerda) ao escrevê-la. Por exemplo: uma medida de 67mm seria escrita 067. Assim, compomos um número de seis algarismos: os três primeiros algarismos sempre são da medida para a direita, e os últimos três, da medida para cima. Com este sistema de coordenadas, repetindo, podemos identificar qualquer ponto na fotografia aérea. Alguns exemplos: (1) medindo 115mm para a direita e 115mm para cima, vamos chegar ao centro da fotografia aérea; (2) podemos encontrar o canto superior direito com as coordenadas 230230; (3) e a marca fiducial esquerda com as coordenadas 000115. Observamos que não é necessário colocar uma vírgula entre esses dois grupos de três algarismos, porque já sabemos que a primeira metade de dígitos indica a medição para a direita e a segunda metade indica a medição para cima. (Alguns preferem deixar um espaço entre as partes, mas não é necessário). Desta maneira, uma notação de coordenadas deve sempre ter uma quantidade par de dígitos; e vemos agora a razão de se colocar um zero na frente de medidas menores que 100mm. Este sistema funciona também nos estereogramas, e não depende da localização do ponto principal, como acontece em outros sistemas.

As margens referidas acima são o limite entre a imagem fotográfica do terreno e a margem negra. Elas não dependem nem da largura da margem negra nem da margem do papel. Assim, as Coordenadas Milimétricas (CMM) não são influenciadas nem pelas marcas fiduciais, nem pela margem negra.

O sistema CMM, que usa medidas à direita e acima de duas linhas de referência (as margens das fotografias), é similar, em função, ao sistema de coordenadas UTM impresso nos mapas e cartas topográficas do Brasil, embora com três diferenças fundamentais: medição de distâncias, orientação de direções cardeais e ponto de origem (000 000). Em primeiro lugar, o sistema de coordenadas CMM e QCM não pode ser usado em relação às distâncias terrestres. Isto porque a escala da fotografia aérea não é necessariamente conhecida, não está em números redondos convenientes do sistema métrico, e nem é obrigatoriamente constante em todas as partes da fotografia. As coordenadas UTM, utilizadas em mapas topográficos, são relacionadas às distâncias, as quais não variam em diferentes escalas.

Em segundo lugar, a margem superior de uma fotografia orientada corretamente não necessariamente indica a direção Norte. O importante é saber que as medidas, no sistema CMM, são feitas a partir de uma margem esquerda e de uma margem inferior; e que, por exemplo, essa margem esquerda tanto pode indicar o N, quanto o S, ou W, ou E, ou qualquer outra direção; e, também, que qualquer uma das quatro margens da fotografia poderia estar à esquerda do observador, conforme o canto em que estivesse posicionado o número da fotografia que, por sua vez, depende da hora em que ela foi tomada (por causa das sombras) e da direção do voo. Em contraste, o sistema UTM sempre tem o Norte identificado pela margem superior do mapa.

Em terceiro lugar, o ponto de origem das coordenadas CMM e QCM (CMM 000 000) está no cruzamento inferior esquerdo das linhas das margens de cada fotografia ou estereograma, e sua posição no globo terrestre não está definida até a tomada da fotografia. No sistema UTM, as origens são pré-determinadas geograficamente para todo o globo terrestre, o qual é dividido, neste sistema, em 60 fusos que não se superpõem.

Geralmente temos dois critérios para determinar em que canto posicionar o número da fotografia aérea. Um depende da linha de voo, que queremos que passe horizontalmente à nossa frente, e que não podemos encontrar usando apenas uma fotografia aérea; para isto é preciso que esteja acessível o par estereoscópico. O outro critério consiste em arranjar a fotografia de modo que as sombras das árvores, montanhas, prédios, etc., presentes na imagem, "caiam" na direção do observador. Estes dois critérios estão ligados às maneiras como orientamos as fotografias para a visão estereoscópica, cuja explicação se encontra no Capítulo 05.

Notamos que seria fácil marcar uma malha quadriculada milimétrica ou centimetricamente numa folha de plástico ou acetato transparente, para usá-lo como um localizador de pontos. É necessário somente colocar as linhas zero (000 horizontal e 000 vertical) em cima das margens inferior e esquerda da fotografia aérea, respectivamente, e fazer a leitura das coordenadas do ponto.

O sistema de coordenadas milimétricas também serve como base de um sistema de Quadrículas Centimétricas (QCM), no qual um número de apenas quatro cifras identifica o canto inferior esquerdo da quadrícula referida. Por exemplo, o ponto principal CMM 115 115 e um ponto CMM 086213 estão nas quadrículas designadas, respectivamente, por QCM 1111 e QCM 0821.

6.5.2. Outras Coordenadas

Existem outros sistemas para a localização de pontos em fotografias aéreas. Um deles, usado pelos militares brasileiros, é denominado de “Quadrícula para Designação de Pontos” (QDP), o qual é aplicável também a estudos civis. O uso da QDP permite localizar, referenciar e designar pontos ou objetivos numa fotografia aérea, com extrema simplicidade e rapidez. Daí sua importância. A QDP pode ser traçada diretamente sobre as fotografias isoladas ou em uma folha transparente de acetato, a qual se aplica, quando necessário, sobre a fotografia (Figura 6.4).

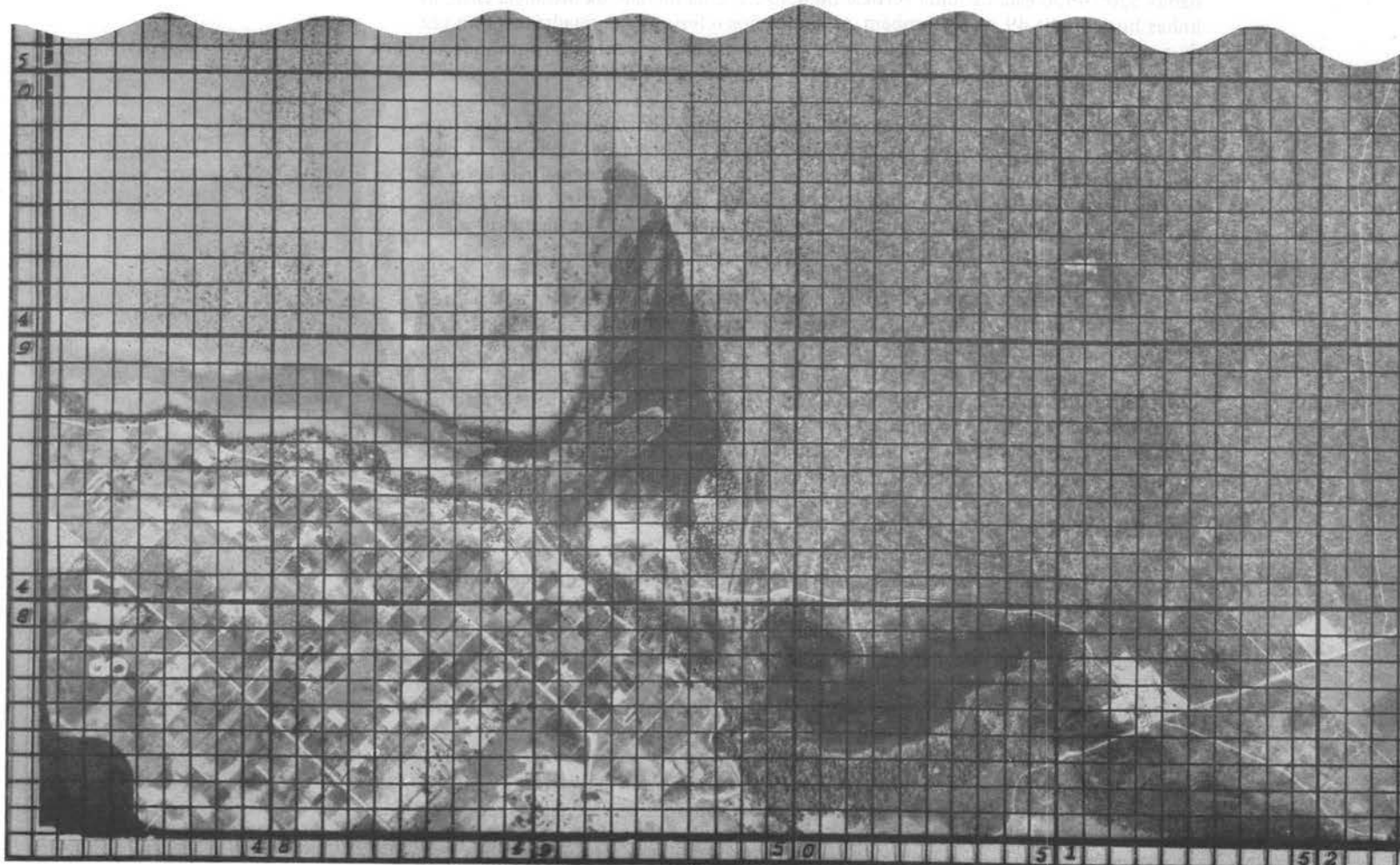


FIGURA 6.4 – Exemplo do sistema de “Quadrícula para Designação de Pontos” (QDP)

As coordenadas QDP são baseadas em dois eixos perpendiculares que passam pelas marcas de colimação (fiduciais) dos lados opostos e, portanto, pelo ponto principal, onde se interceptam. A partir desses eixos, são traçadas quadrículas de quatro por quatro centímetros. Esta quadrícula deve ser construída de forma que as inscrições marginais fiquem na posição normal de leitura. Estes eixos fiduciais são as linhas de origem da quadrícula e terão, ambos, o número 50. Para a esquerda e para a direita, para cima e para baixo, respectivamente, das linhas de origem, traçam-se segmentos paralelos de quatro em quatro centímetros. A numeração destas paralelas será acrescida de um número (51, 52, etc) a cada 4cm para a direita e para cima, como nas cartas topográficas.

Quando se imprime ou se marca a quadrícula diretamente sobre a fotografia isolada, as coordenadas QDP de um ponto qualquer são determinadas tal como as coordenadas retangulares de uma carta (coordenadas decimétricas do sistema UTM). Observe na Figura 6.4 que as grandes quadrículas são divididas em 10 x 10 (ou 100) quadrículas pequenas. Quando se traça a quadrícula em um acetato transparente, coloca-se este sobre a fotografia, de modo que as linhas de origem (50-50) do acetato coincidam com as marcas de colimação da fotografia. Isto feito, fixa-se o acetato; a aparência final é a de que a quadrícula foi feita diretamente sobre a fotografia (o que não é verdade), e a determinação das coordenadas, portanto, é similar a isto. Não devemos esquecer que, de qualquer modo, as inscrições marginais da fotografia devem ficar na posição normal de leitura.

A designação de um ponto por sua locação na QDP é elaborada através de coordenadas com oito algarismos (os quatro primeiros correspondendo à abscissa, e os quatro últimos correspondendo à ordenada). Por exemplo, o ponto de coordenadas 5200 4950 está na linha vertical número 52, e na metade da distância entre as linhas horizontais 49 e 50. Também, podemos nos referir a uma quadrícula (em vez de a um ponto), usando quatro números para identificar o canto inferior esquerdo da mesma. Por exemplo, o ponto 5225 4975 está na quadrícula 52 49.

A razão pela qual as quadrículas medem quatro centímetros de lado é que isto permite o emprego do esquadro de locação na escala de 1:25.000, o qual facilita a designação de pontos. Nessa escala, e somente nela, cada quadrícula representa, aproximadamente, um quilômetro quadrado. Entretanto, para outras escalas, a quadrícula (QDP) não tem relação com a escala real, e normalmente não é conveniente para medições de distâncias ou azimutes.

O uso da QDP, apesar de não ser aconselhável quando se requer sigilo sobre a informação, permite rapidez na designação de pontos e é de fácil construção; daí sua importância e grande difusão.

Um outro sistema de coordenadas, que usa letras e números, se encontra no texto de Avery (1977, páginas 39-40). Também existem sistemas militares que facilitam a mudança diária dos códigos das coordenadas, para obter-se o máximo de segurança nas informações transmitidas por rádio-comunicação.

6.6. ORIENTAÇÃO DE FOTOGRAFIAS COM MAPAS

Uma outra importante orientação das fotografias aéreas é aquela feita através de um mapa (carta) da mesma área. A tarefa é localizar, dentro do mapa, a posição de uma fotografia aérea (normalmente na escala 1:20000 até 1:60000). Não importa muito a escala do mapa (desde que não seja pequena demais), nem tampouco se ele é somente de estradas, cadastramento de fazendas, ou, até, se foi elaborado sem medições topográficas; porém, geralmente trabalhamos com cartas topográficas na escala de 1:100.000.

Primeiramente, tentamos localizar pontos ou acidentes de referência, visualizáveis tanto na fotografia quanto no mapa. Encontrando duas referências, podemos girar a fotografia até que essas referências na fotografia coincidam, em direção, com as mesmas referências no mapa. Prosseguindo, verificamos a orientação, comparando as posições de outros acidentes identificáveis, simultaneamente, no mapa e na fotografia. Dessa forma, podemos, por exemplo, encontrar uma estrada na fotografia, e

posicioná-la paralelamente à mesma estrada representada no mapa. A situação é mais difícil quando não sabemos em que parte do mapa estamos. A maneira mais fácil de determinar isto é procurar os acidentes maiores (como um grande rio, um padrão de estradas, limites entre zonas acidentadas e zonas planas, etc.) na fotografia, e “descobrir” esses mesmos objetos representados no mapa. Outra maneira é através da consulta a um fotoíndice, que, no entanto, nem sempre é disponível.

Uma outra atividade interessante e útil é ir ao campo munido da fotografia aérea e tentar orientá-la lá mesmo, usando uma bússola ou identificando os acidentes. Esta técnica é igual à que se usa para orientação de um mapa ou carta no campo.

6.7. CONSERVAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E EQUIPAMENTOS

6.7.1. Quando se está manuseando fotografias, usar somente fita adesiva (tipo “crepe”) para fixá-las. Outros tipos de fitas aderem fortemente e aumentam o perigo de se estragar as fotografias, quando se vai retirá-las.

6.7.2. Ao retirar a fita afixada sobre a fotografia, iniciar sempre pelo lado interior (aquele mais próximo do centro da fotografia), puxando-a para fora; procedendo ao contrário, corre-se o risco de que um pedaço da camada do filme fique grupada na fita, podendo rasgar a película de uma grande parte da fotografia.

6.7.3. Não escrever nas fotografias; elas são ferramentas, ou “fontes de dados”, que devem ser conservadas para servirem aos seus diversos fins. No caso do uso didático das fotografias, elas são manuseadas muitas vezes, por vários alunos, e em épocas e com objetivos diferentes; daí, é importante conservar as fotografias sem marcas de lápis, tinta, etc., para não deturpar a imagem. Por outro lado, se uma pessoa está trabalhando com suas próprias fotografias aéreas, estas são para usar, levar ao campo, cortar, etc., de acordo com a finalidade a que se destinam. Contudo, muitas vezes, outras cópias dessas fotografias utilizadas não estão disponíveis. Por isso, deve-se ter muito cuidado com o material, especialmente quando ele não é de propriedade do fotointérprete.

6.7.4. Nunca marcar as fotografias aéreas com lápis comum ou tinta, pois a superfície fotográfica é lisa (película plástica). O lápis-cera ou dermatográfico é o marcador adequado para este caso. Ele é também usado para marcar vidro, louça, azulejo, etc.

Uma marca feita, sobre a fotografia aérea, com lápis dermatográfico pode ser retirada usando-se algodão embebido em benzina ou álcool, fluídos que podem ser esfregados na fotografia aérea sem estragar a imagem. Quando se está trabalhando com fotografias impressas em off-set, é preciso usar lápis comum, pois o papel off-set não tem a superfície lisa.

6.7.5. Não dobrar as fotografias de maneira a deixar uma linha acentuada visível. É possível levantar um lado da fotografia sem dobrá-la de forma permanente e sem deixar marcas. Em relação ao equipamento, é preciso lembrar inicialmente de não tocar as lentes, espelhos ou outros elementos óticos dos estereoscópicos e demais instrumentos. Quando estiverem sujos, deve-se limpá-los com papel especial para lente, que é vendido nas lojas de material fotográfico. Não é indicado fumar quando se está trabalhando com fotografias. Mesmo que não se esteja trabalhando, não fumar numa sala em que outros estejam utilizando equipamentos, porque a fumaça do cigarro adere às lentes, à superfície das fotografias, etc. Demais, sempre existe o perigo de deixar cair cinzas do cigarro no próprio trabalho ou, o que é pior, nos trabalhos dos outros. Por outro lado, a fumaça pode incomodar outras pessoas com quem se está trabalhando.

6.7.6 A conservação das fotografias aéreas corre maior perigo quando elas são levadas ao campo, o que é inevitável na realização de um completo trabalho de fotointerpretação. O cuidado com as fotografias aéreas no campo depende muito do modo individual de conduzi-las; várias idéias para protegê-las podem ser aplicadas:

6.7.6.1. Carregar as fotografias sempre dentro de um envelope, de preferência encorpado e de tamanho um pouco superior ao das fotografias aéreas. Existem também envelopes ou invólucros plásticos (alguns com fechaduras) de tipos rígido e flexível. O envelope de plástico do tipo flexível oferece a vantagem de facilitar a embalagem das fotografias junto com os outros equipamentos.

6.7.6.2. Também é possível levar as fotografias ao campo acondicionadas em uma chapa de madeira ou metal, cujo tamanho seja um pouco superior ao das fotografias. A madeira pode ser do tipo compensado ou do tipo "eucatex". Esse acessório ajuda a proteger especialmente as margens e os cantos das fotografias, os quais, geralmente, sofrem os maiores danos; ele também facilita a observação estereoscópica, porque é possível acondicionar as fotografias já alinhadas. Quando as chapas são feitas de metal, é fácil fixar as fotografias utilizando pequenos imãs.

As chapas metálicas fabricadas pela Wild têm como acessório uma correia, que o operador passa pelo pescoço quando conduz as chapas no campo, deixando suas mãos livres para realizar outros trabalhos e segurar o estereoscópio.

6.7.6.3. Quando houver a probabilidade de ocorrência de chuva durante os trabalhos de campo, é sempre aconselhável conduzir todo o material fotográfico acondicionado em uma bolsa de plástico, para evitar a sua degradação.

6.7.6.4. Deve-se evitar, tanto no campo como em laboratório (gabinete), que as fotografias fiquem expostas ao sol por períodos longos; no campo, as fotografias devem ficar em local abrigado e sombreado. Nos gabinetes, quando fixadas sobre uma mesa, podem ser protegidas, contra os raios solares diretos, simplesmente com uma folha de cartolina.

Em resumo, é bom lembrar que todo material usado na fotointerpretação é relativamente caro; sendo assim, deve-se ter sempre muito cuidado com a sua conservação.

6.8. MARCAÇÃO DO PP E DO PPC

Para se efetuar um correto alinhamento de um par de fotografias aéreas (que possuam, entre si, um recobrimento lateral igual ou superior a 50% – e inferior a 100%), é preciso encontrar e marcar, com precisão, os pontos principais de cada uma das fotografias e seus respectivos homólogos, ou seja, os pontos principais conjugados. Para isto, são necessárias as seguintes etapas:

- a) Traçar uma reta unindo as duas marcas fiduciais opostas, e marcar, com uma agulha ou mesmo com o lápis dermatográfico, um pequeno segmento que assinale, aproximadamente, o centro da fotografia; isto tudo deve ser feito em uma das fotografias do par;
- b) Repetir essa operação com as outras duas marcas fiduciais opostas; este é o *ponto principal*;
- c) Marcar o ponto principal das outras fotografias adjacentes; traçar um pequeno círculo, com o lápis dermatográfico, ao redor de cada ponto principal, e numerar cada um com o mesmo número da fotografia a que ele corresponde;
- d) Assinalar, usando o lápis dermatográfico, com um círculo provisório, a posição aproximada dos pontos principais homólogos nas fotografias adjacentes;
- e) Orientar as fotografias de maneira aproximada, através da posição estimada dos pontos homólogos, para observação estereoscópica;
- f) Ver o modelo estereoscopicamente e marcar, corretamente, os pontos principais conjugados das fotografias adjacentes; unir estes pontos dois a dois: a resultante, em cada fotografia, é a *linha de vôo*. A este processo chama-se "transferência" de pontos de uma fotografia à outra, que lhe é adjacente.

Geometria Básica das Fotografias Aéreas

Paul S. Anderson

7.1. CÂMARAS AEROFOTográfICAS

A câmara fotográfica aérea é constituída, simplificadamente, de uma lente e de um plano negativo de exposição (Figura 7.1). A lente não é, na verdade, uma só: consiste de uma série seqüencial de lentes que, juntas, minimizam a distorção e maximizam a focalização ótima da imagem. Cada lente desse conjunto tem seu próprio centro ótico. Um dos objetos de interesse dos fotogrametristas é o estudo das características desse conjunto de lentes, e em especial, o estudo de centro ótico de cada lente, separadamente. Para nós, os fotointérpretes, é suficiente falar de um só centro ótico deste conjunto de lentes, considerando nossos fins e a precisão das câmaras aerofotográficas.

O raio de luz que passa exatamente pelo centro da lente, isto é, o raio de luz que é perpendicular ao plano da lente, é denominado *eixo ótico*.

O foco da lente é fixo e resulta de uma distância constante, ao longo do eixo ótico, do centro ótico da lente até o plano do negativo; essa distância é chamada, normalmente, de *distância focal*, e é representada pela letra "f". Porém, mais estritamente, esta medida é a "*distância principal* ("c"). A relação entre "f" e "c" é evidente na equação:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{c} + \frac{1}{H}$$

onde "H" é a distância entre a câmara e o objeto fotografado. No caso das fotografias aéreas, "H" é a altura do vôo (altura do avião acima do nível do terreno), que poderá ser de alguns milhares de metros. Portanto, o valor de 1/H é muito pequeno em relação a 1/c; o resultado é que a diferença entre "f" e "c" é mínima, e de importância somente para os fotogrametristas. Por esta razão, a maioria dos textos sobre fotointerpretação, incluindo este livro, usa o símbolo "f", que é mais fácil de se entender e lembrar, em vez de "c".

A distância focal é medida pelo fabricante de câmara aérea, com muita precisão, e anotada na margem de cada fotografia aérea. Em geral trabalhamos com fotografias tiradas com uma distância focal de 152,40mm (seis polegadas), que é uma medida bastante precisa.

Quando o plano do negativo está exatamente perpendicular ao eixo que passa pelo centro ótico da lente, a câmara está bem posicionada e o eixo ótico encontra o plano do negativo exatamente no centro da imagem fotografada. Este ponto central, precisamente localizado no meio da foto, é identificável através das marcas



fiduciais, que são assinaladas nas margens da fotografia no momento em que ela é tomada. Este ponto central é chamado de “ponto principal”, e ele é muito importante no uso das fotografias aéreas.

Notamos na Figura 7.1 (e em muitas outras figuras deste livro) que os raios de luz chegam à câmara de forma convergente, como um feixe de raios não-paralelos. O funcionamento da câmara fotográfica é similar ao do olho humano. Este fenômeno é denominado de *projeção central*, em que o feixe de raios de luz forma um cone. A projeção central tem somente um ponto de perspectiva: a lente. Isto explica porque uma fotografia aérea é bastante diferente de um mapa topográfico, que é elaborado com uma projeção ortogonal, na qual os raios de luz são paralelos entre si e interceptam o terreno em ângulos retos. A importância da projeção central é fundamental à geometria e às características das fotografias aéreas.

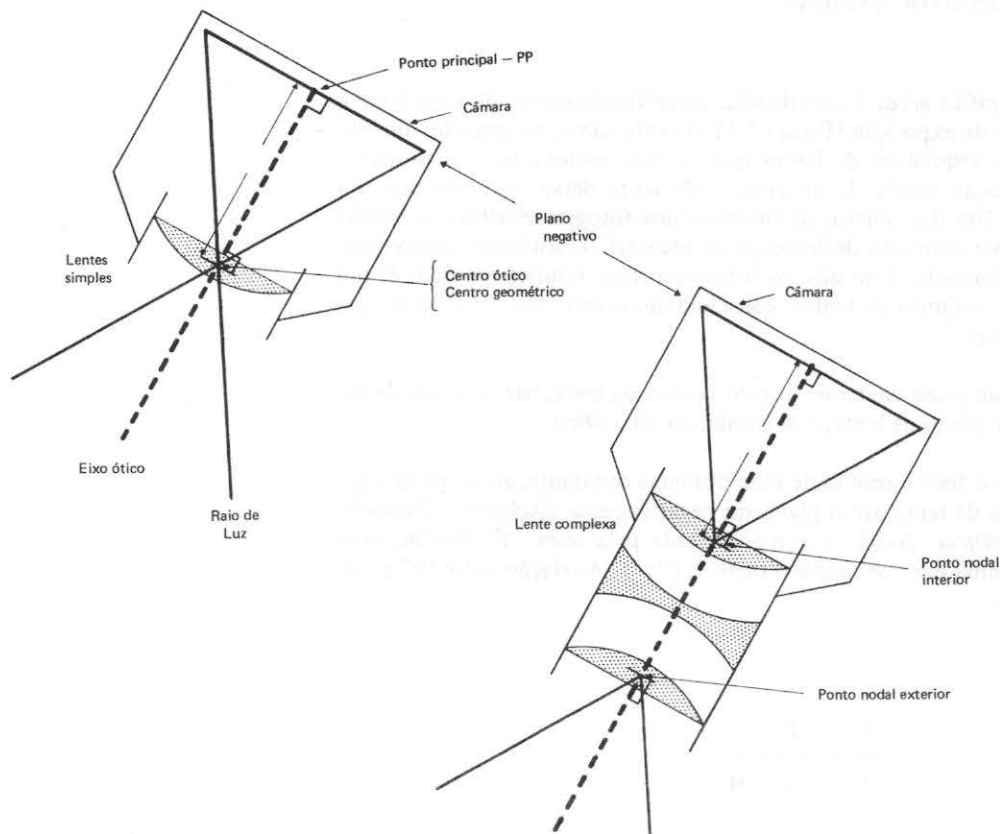


FIGURA 7.1 – Esquemas de câmaras e lentes fotográficas

Até agora estamos falando somente das características internas das câmaras, tanto das indicadas para fotografia terrestre, quanto daquelas fabricadas para fotografia aérea. Quando temos a câmara no ar e tiramos uma fotografia inclinada (Figura 7.2), podemos identificar um outro ponto no terreno que está diretamente embaixo do centro óptico da câmara; a este chamamos de *ponto nadir*. Quando a fotografia não é vertical, o ponto nadir não coincide com o ponto principal, e o ponto que marca o “pé” da bissetriz do ângulo P-O-N é chamado de *isocentro*, que é importante no estudo de fotos inclinadas. Porém, quando a fotografia é exatamente vertical, o ponto nadir e o isocentro são coincidentes com o ponto principal, tal como está demonstrado nas Figuras 6.1 e 7.3. Entendendo as características das câmaras fotográficas, podemos ver, agora, a relação geométrica entre as fotografias aéreas e o terreno.

7.2. GEOMETRIA BÁSICA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

A Figura 7.3 mostra, em corte vertical, uma fotografia, uma câmara, e um terreno fotografado. Notamos, principalmente, que todos os raios de luz refletidos

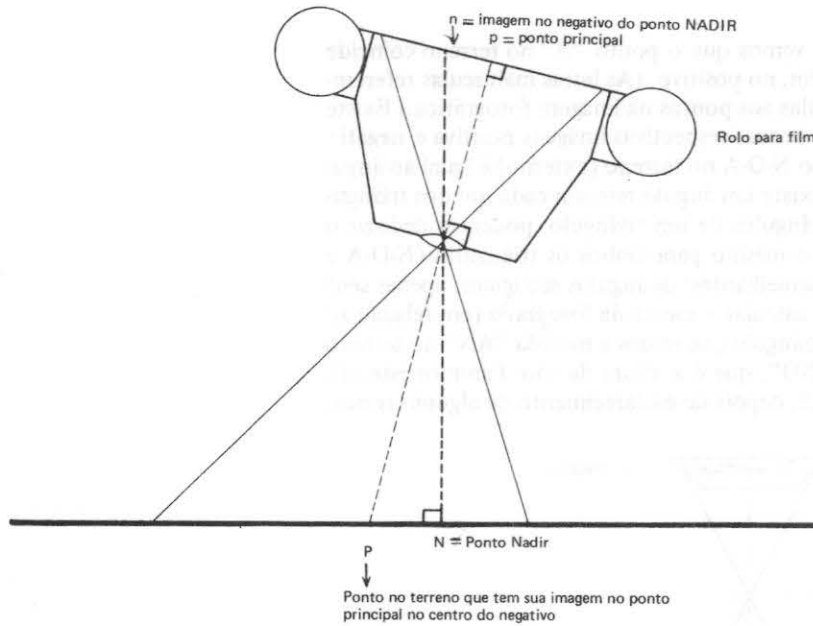


FIGURA 7.2 – Ponto principal e ponto nadir numa foto inclinada

pelos objetos passam pelo centro ótico da lente. Temos um ângulo reto entre o eixo ótico da lente e o plano negativo, e um ângulo reto entre o eixo ótico e o plano do terreno. Isto quer dizer que o ponto principal da fotografia aérea e o ponto nadir representam o mesmo ponto. Estas observações se referem à geometria de uma fotografia vertical.

Também podemos notar a existência de um plano positivo, que está à mesma distância da lente que o plano negativo. A importância disso é que se pode fazer cópias fotográficas por contato, as quais manterão a distância focal da câmara, que é fornecida pelo fabricante. (É óbvio que existem outros planos positivos para reduções e ampliações fotográficas; veja a Figura 7.4).

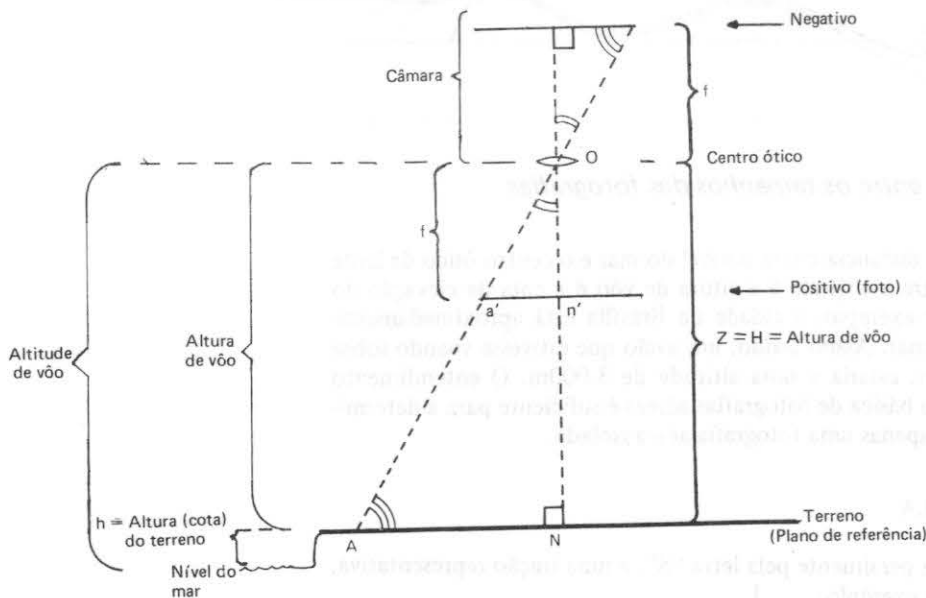


FIGURA 7.3 – Geometria básica de uma fotografia aérea vertical

Ainda observando a Figura 7.3, vemos que o ponto "A" no terreno coincide com o ponto "a" no negativo e, também, no positivo. (As letras maiúsculas referem-se aos pontos no terreno, e as minúsculas aos pontos na imagem fotográfica.) Existe uma linha reta entre esse ponto "A" e as suas respectivas imagens positiva e negativa. Assim, podemos dizer que o ângulo N-O-A no terreno (externo) é igual ao ângulo n-o-a dentro da câmara (interno). Existe um ângulo reto em cada um dos triângulos N-O-A e n-o-a. Conhecendo dois ângulos de um triângulo, podemos deduzir o terceiro e estamos seguros que ele é o mesmo para ambos os triângulos (N-O-A e n-o-a). Os triângulos do diagrama são semelhantes: os ângulos são iguais, apenas seus lados são diferentes. Então, podemos calcular a escala da fotografia (em relação ao terreno), usando essa semelhança de triângulos, se temos a medida "AN" no terreno (distância real) ou então, a medida "NO", que é a altura de vôo. Faremos este cálculo da escala da fotografia no Item 7.3, depois do esclarecimento de alguns termos.

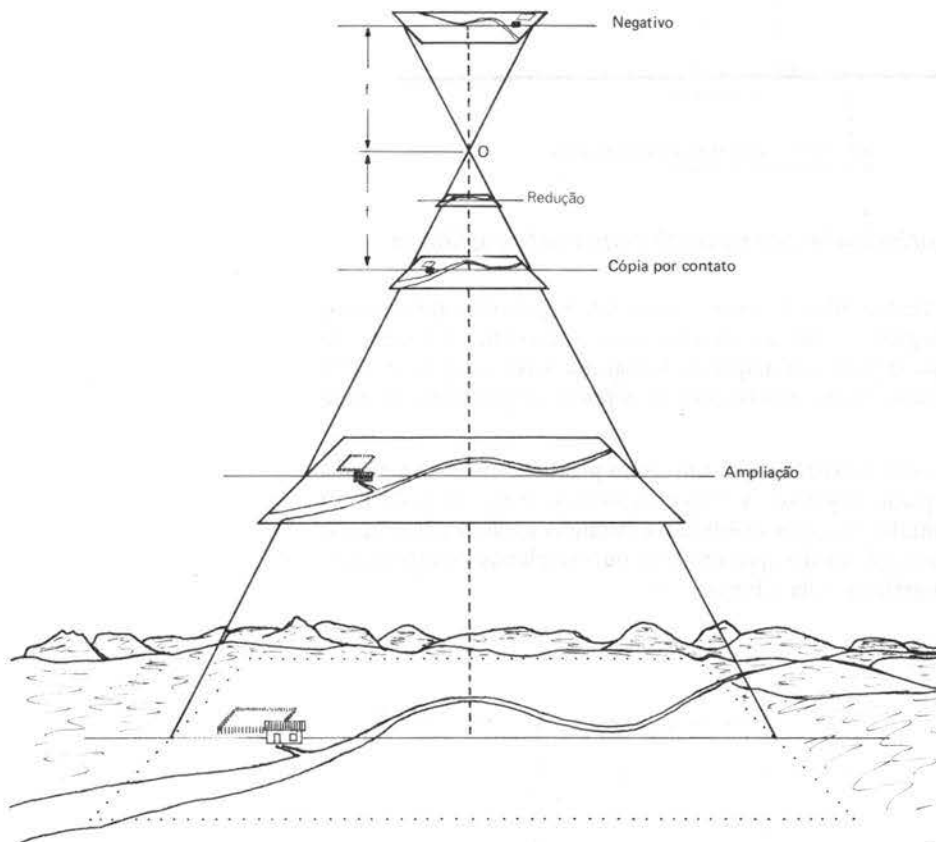


FIGURA 7.4 – Relação entre os tamanhos das fotografias

A *altitude de vôo* é a distância entre o nível do mar e o centro ótico da lente da câmara. A diferença entre a altitude e a altura de vôo é a cota de elevação do terreno acima do mar. Por exemplo, a cidade de Brasília está aproximadamente 1.000m acima do nível do mar. Assim sendo, um avião que estivesse voando sobre Brasília a altura de 2.000m, estaria a uma altitude de 3.000m. O entendimento desses termos e da geometria básica de fotografias aéreas é suficiente para a determinação de escalas, usando-se apenas uma fotografia aérea isolada.

7.3. CÁLCULOS DE ESCALA

A escala, representada geralmente pela letra "S", é uma fração representativa, às vezes chamada "FR"; por exemplo: $\frac{1}{100000}$

Ela pode ser representada também por 1/SN, onde SN é o número da escala ("scale number"), isto é, o denominador da fração representativa (DFR).

Existem, então, três elementos na equação, sendo que precisamos de dois para a determinação do terceiro. Um é a medida na foto; o segundo é a medida no terreno, que pode ser determinada por trabalho de campo; e o terceiro é a escala conhecida ou a que se deseja conhecer.

Usando a semelhança dos triângulos, que é uma relação geométrica, notamos que os triângulos semelhantes, como mostra a Figura 7.3, são o-a-n (interno) e O-A-N (entre a câmara e o terreno). A escala mantém a seguinte relação com estes triângulos semelhantes:

$$\frac{\overline{na}}{\overline{NA}} = \frac{\overline{oa}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{no}}{\overline{NO}} = S$$

e qualquer uma dessas proporções é igual à escala (S).

Observamos que a distância \overline{no} é igual à distância focal (f), e que a distância \overline{NO} (entre a câmara e o terreno) é a altura de voo (H). Assim, concluímos que

$$S = \frac{\overline{no}}{\overline{NO}} = \frac{f}{H}$$

Prosseguindo, para se conhecer a escala da fotografia aérea, somente precisamos saber a distância focal e a altura de voo. Por exemplo, se a distância focal (f) for 150mm e a altura de voo 6000m, a escala da fotografia aérea será:

$$S = \frac{f}{H} = \frac{150\text{mm}}{6000000} = \frac{1}{40000}$$

Nota: a escala é um número *sem* unidade; daí, as unidades de f e de H devem ser as mesmas, quando da realização do cálculo da escala de uma fotografia aérea.

Uma vez conhecida a escala de uma fotografia aérea, podemos usar essa informação, juntamente com uma medida realizada entre dois pontos (a e b quaisquer) claramente identificáveis sobre a respectiva fotografia, para determinar a distância real (no terreno) entre esse mesmo par de pontos (A e B). A distância \overline{AB} (no terreno) é igual ao valor da medida, na fotografia, entre "a" e "b" dividido pelo valor da escala (S), ou seja, $1/SN$. Outra forma de se fazer esta operação é usando apenas o número do denominador da escala (SN); assim, a distância \overline{AB} no terreno é igual à distância \overline{ab} na fotografia, multiplicada pelo número da escala (SN) da mesma fotografia, ou seja, o denominador da fração representativa (DFR) da escala da fotografia aérea.

$$\overline{AB}_{\text{terreno}} = \overline{ab}_{\text{foto}} \times SN = \overline{ab}_{\text{foto}} \times DFR = \overline{ab}_{\text{foto}} \div S$$

Efetuada-se medições em fotografias aéreas poupa-se, em muitos casos, o trabalho de se viajar a zonas distantes, de difícil acesso, etc. Esta economia de tempo e dinheiro é uma das maiores vantagens do uso das fotografias aéreas verticais; e isto só é possível devido às características geométricas dessas.

É necessário que o fotointérprete conheça muito bem as relações entre a escala e a geometria básica das fotografias aéreas, para que possa fazer medições sobre elas. Muitas vezes faltam algumas informações nas fotografias, ou somente se tem aproximações da altura de voo ou da escala; contudo, temos maneiras de sanar este problema, usando outras medições.

Podemos calcular a escala de uma fotografia aérea qualquer, se tivermos uma medição (em milímetros ou centímetros), feita sobre a respectiva fotografia, entre dois pontos (n e a) nela contidos, mais uma outra medição (em metros ou quilômetros), feita sobre o terreno, entre os mesmos dois pontos (N e A). Isto é possível de acordo com a seguinte relação:

$$S = \frac{1}{SN} = \frac{\bar{n}a}{\bar{N}A}$$

Até agora falamos somente de fotografias isoladas, e não de pares montados para obtenção de imagens estereoscópicas. Desta maneira, só estamos falando da escala planimétrica (no plano horizontal do terreno), e não da altimétrica (da altura de objetos), a qual está apresentada no próximo capítulo.

Um outro aspecto da escala é o de que, pelas suas características geométricas, a fotografia aérea tem a distância focal fixa. Porém, às vezes, numa mesma fotografia aérea existem duas, três ou mais zonas com cotas (alturas do relevo) diferentes, como está ilustrado na Figura 7.5. Esta situação é comum nas zonas aciden-

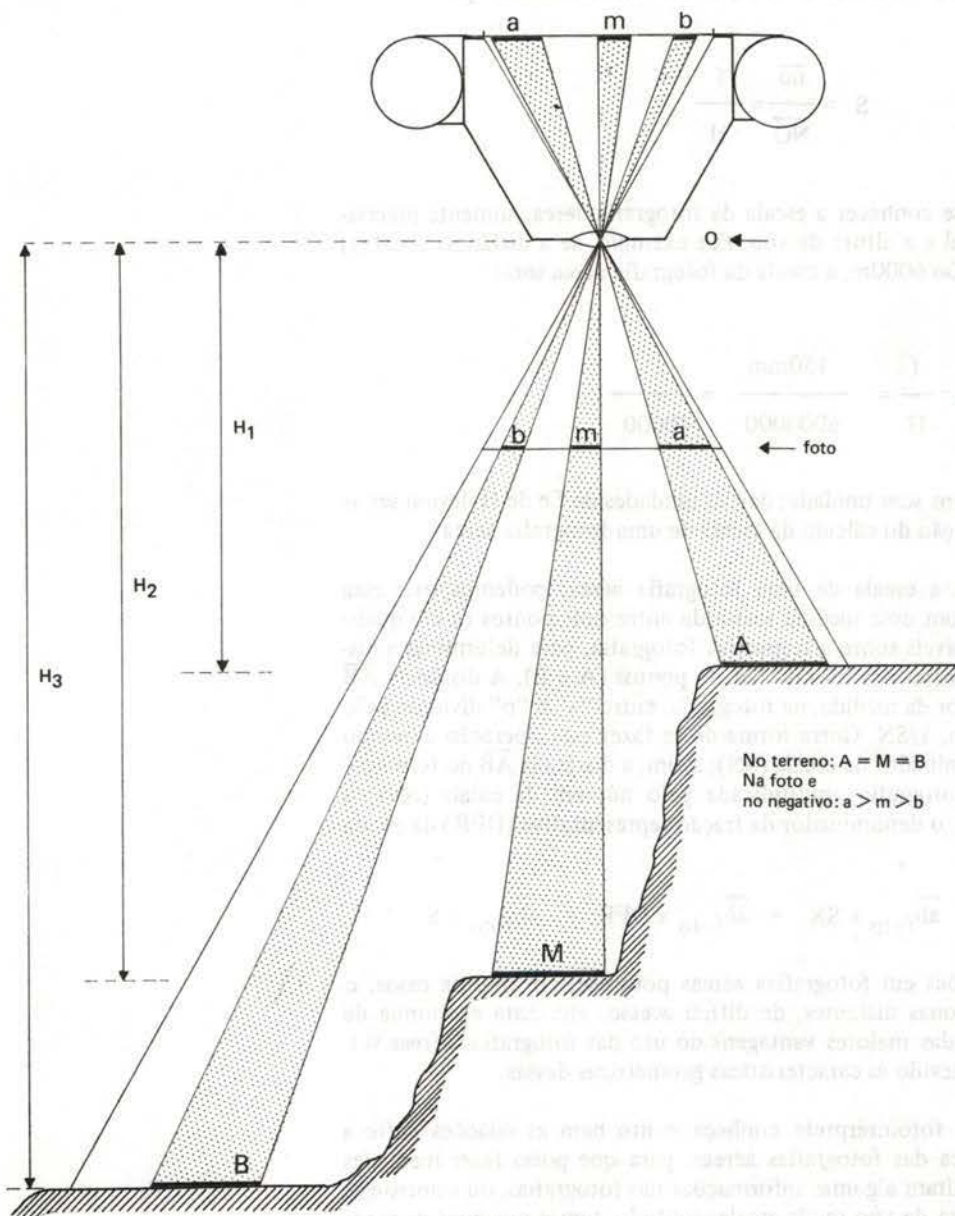


FIGURA 7.5 – A fotografia aérea tem escalas diferentes para altitudes diferentes do terreno

tadas. A altura de vôo de zonas mais baixas é maior do que a de zonas mais altas, cujos pontos são mais elevados. Digamos que distâncias iguais no terreno (de, por exemplo, 1km) aparecem maiores no negativo quando as áreas são mais elevadas, e menores quando as áreas são menos elevadas. Teoricamente, a escala da fotografia aérea varia segundo a altitude de cada ponto do terreno, e somente áreas de mesmas altitudes podem ter escalas iguais, mesmo se estiverem separadas uma da outra na imagem fotográfica. Na prática, quando uma área é *relativamente* plana (com diferenças de relevo inferiores a 3% da altura de vôo), podemos, normalmente, usar a escala do nível médio do relevo, sem prejudicar a precisão do levantamento. Mas, se precisamos de medidas exatas ou se a área mostra um relevo acidentado, é aconselhável calcular as escalas dos vários níveis do terreno.

7.4. CLASSIFICAÇÃO DE ESCALAS

São três as maneiras principais de denotar escalas: a (1) absoluta, a (2) comparação relativa, e a (3) classificação arbitrária.

1) A forma absoluta é dada pelos próprios valores numéricos da escala, os quais podem ser representados por uma fração representativa (1/50.000), por um gráfico (0 1 2 3 4 5 6) ou por uma expressão (dois centímetros equivalem a um quilômetro).

2) Podemos classificar escalas segundo uma comparação relativa, usando as palavras maior ou menor. Assim, entre duas escalas diferentes fornecidas, a maior é aquela que tem a maior fração representativa. Em outras palavras, quando o denominador diminui, a escala aumenta. Por exemplo, a escala de 1/60.000 é menor do que a de 1/40.000, e esta, por sua vez, é maior do que a de 1/100.000.

3) A classificação arbitrária controlada se constitui numa organização de escalas absolutas em grupos "lógicos", através do uso das palavras grande, média e pequena. Contudo, o que é lógico para uma disciplina não é necessariamente conveniente para uma outra. Um sistema de classificação arbitrária de fotografias aéreas, usado na geologia e na engenharia florestal, é o seguinte:

. ESCALA "GRANDE": de 1:1 até 1:15000 (inclusive);

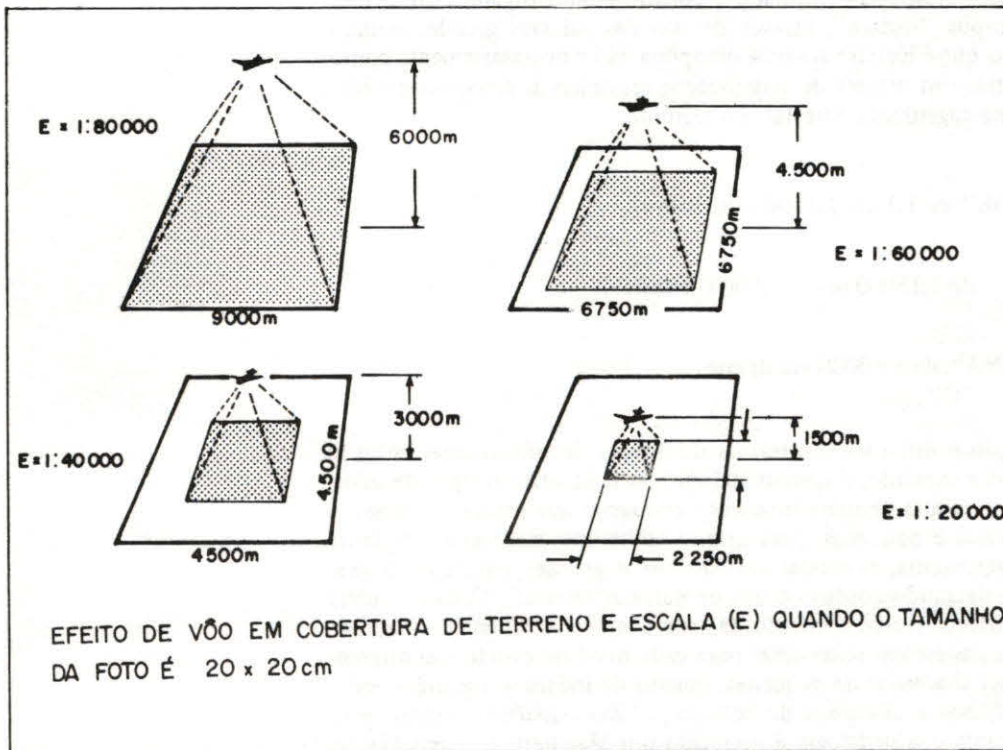
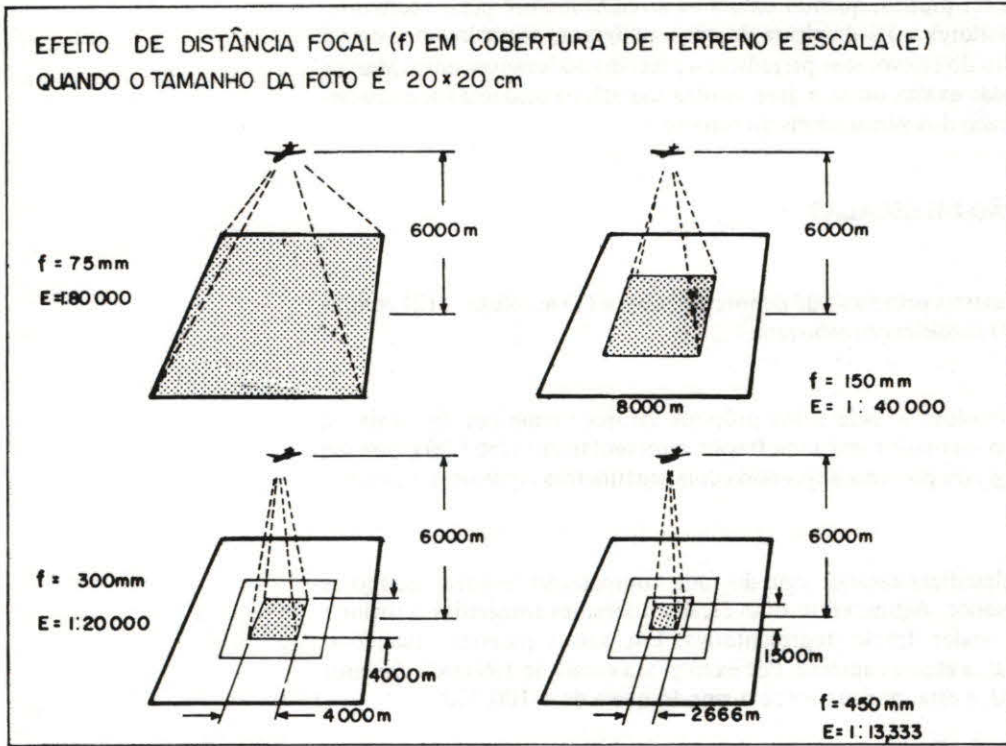
. ESCALA "MÉDIA": de 1:15000 até 1:60000 (inclusive);

. ESCALA "PEQUENA" : de 1:60000 em diante

Esta classificação é útil para mostrar as diferenças de preferências entre as diversas disciplinas. Por exemplo, a agronomia, que tenta identificar tipos de solos, precisa trabalhar com escalas grandes (maiores), enquanto que estudos geológicos requerem escalas médias e pequenas, para que se tenha uma visão mais ampla da área. Então, para a agronomia, as escalas normais são as grandes, e para a geologia, médias ou pequenas, deixando confuso o uso da palavra "normal". Cada disciplina faz estudos em três níveis: reconhecimento da área, semi-detalhamento, e detalhamento. Naturalmente, as escalas necessárias para cada nível de estudo são diferentes, e tanto podem ser chamadas de pequenas, quanto de médias ou grandes, independentemente, conforme a disciplina de aplicação. Uma classificação mais apropriada para a agronomia e a pedologia é oferecido por Marchetti e Garcia (1977, pags. 28 - 29). É óbvio que as classificações arbitrárias são úteis, porém causam muita confusão quando não são devidamente especificadas em cada relatório de pesquisa.

7.5. CÂMARAS AÉREAS E ESCALAS

Uma outra classificação das fotografias aéreas é de acordo com as características da câmara, especialmente segundo a distância focal, a qual influi no ângulo da imagem recebida no negativo (Figura 7.6).



ADAPTADO DE U.S. DEPT. OF DEPESA: TM 20-246 p. 2-20

FIGURA 7.6 – Influência da altura de vôo e da distância focal na tomada de fotografias aéreas

Quando as fotografias de tamanhos padronizados são tomadas a uma altura de vôo constante, mas com câmaras aéreas de distâncias focais diferentes, as escalas das imagens também são diferentes. Considerando que o tamanho do filme é o mesmo (geralmente 23 por 23 centímetros), a escala aumenta ou diminui em relação à distância focal da câmara. Nessas últimas décadas, a câmara fotográfica mais usada tem sido a *grande-angular*, que tem uma distância focal de 6 polegadas, ou seja, 152 milímetros, e um campo visual de 90 graus. A câmara *super-grande-angular* tem um campo visual de 120 graus e uma distância focal de 90 milímetros. Com a mesma altura de vôo, a super-grande-angular fornece fotografias em escalas menores, mas, em compensação, proporciona maior visão lateral. A câmara *normal*, usada já antes de 1960, tem um campo visual de 60 graus e uma distância focal de 210 milímetros; ela cobre uma área menor, mas com mais detalhes. Uma outra maneira de mostrar quase a mesma coisa é dizer que aviões, quando equipados com câmaras de distâncias focais diferentes, precisam voar em alturas diferentes para conseguir fotografias aéreas numa mesma escala.

Algumas vantagens e desvantagens das diversas escalas fotográficas são as seguintes: escalas maiores apresentam maiores detalhes, mas escalas menores permitem uma vista mais ampla, proporcionando uma melhor visão de conjunto da região; as escalas menores facilitam a identificação dos macroelementos geomorfológicos, mas não dos microelementos, como a erosão de solos. Uma desvantagem de escalas maiores é que, por exemplo, duplicando a escala (como de 1/60.000 para 1:30.000), o número de fotografias *quadruplica* para a representação da mesma área. Isto, logicamente, aumenta o custo dos vôos, pois cresce, em consequência, o número de fotografias que devem ser reveladas, copiadas e compiladas para um trabalho. Também, implica numa maior mão-de-obra na elaboração dos mapas finais, devido ao grande trabalho de unir os vários "overlays" interpretados, pois será grande o número de fotografias a serem alinhadas para visão estereoscópica.

7.6. DESLOCAMENTO DEVIDO AO RELEVO (E ÀS ALTURAS DOS OBJETOS)

Na *realidade* (no terreno), um objeto que possua uma dimensão vertical (altura), como uma árvore, um prédio, penhasco ou montanha, tem o topo na mesma posição *planimétrica* que a base, isto é, o topo está diretamente acima da base (veja os pontos C_1 e C_3 da Figura 7.7). Isto também ocorre numa carta topográfica, aonde o topo e a base estão sempre no mesmo lugar, devido à projeção ortogonal da carta (veja o Item 7.1), na qual os raios de observação são paralelos uns aos outros e perpendiculares à superfície observada. Também, numa fotografia aérea vertical de uma área *plana*, todos os pontos do terreno estão representados nas suas *posições corretas*. Porém, objetos que possuam uma dimensão vertical (altura) têm seus topos deslocados.

Na fotografia aérea existe somente um raio de luz perpendicular à superfície, que é o raio que passa pelo ponto nadir. Se uma árvore, por exemplo, está exatamente no ponto nadir, o seu topo e a sua base aparecem, na fotografia, como um único ponto, tal como num mapa. Mas, para qualquer outro ponto afastado do PP e que tenha uma dimensão vertical (altura), como o penhasco $\overline{C_1C_3}$ da Figura 7.7, tem-se um raio de luz passando pela base ($\overline{OC_3}$) e outro pelo topo ($\overline{OC_1}$). O raio que passa pelo topo é o mesmo que, na sua continuação, marca um outro ponto " C_2 " na superfície plana (ao nível da base) (veja a Figura 7.7). Estes raios formam a imagem do penhasco na fotografia. Lembre-se de que a fotografia é completamente plana; portanto, a altura do penhasco $\overline{C_1C_3}$ é representada por uma medida $\overline{c_1c_2}$ na fotografia. Esta mudança aparente da posição planimétrica é chamada *deslocamento devido ao relevo*, uma das características mais importante das fotografias aéreas. Esse deslocamento ocorre, na fotografia aérea, para cada objeto com altura diferente da do nível datum do ponto nadir. A posição do objeto é lateralmente deslocada em relação à sua própria base ou à qualquer outra base selecionada (veja o prédio do Congresso Nacional na Figura 7.8).

Estes deslocamentos devido ao relevo são radiais a partir do ponto nadir da fotografia aérea. Devemos lembrar que, nas fotografias verticais, o ponto nadir coincide com o ponto principal, que é fácil de ser identificado. Por isso é comum

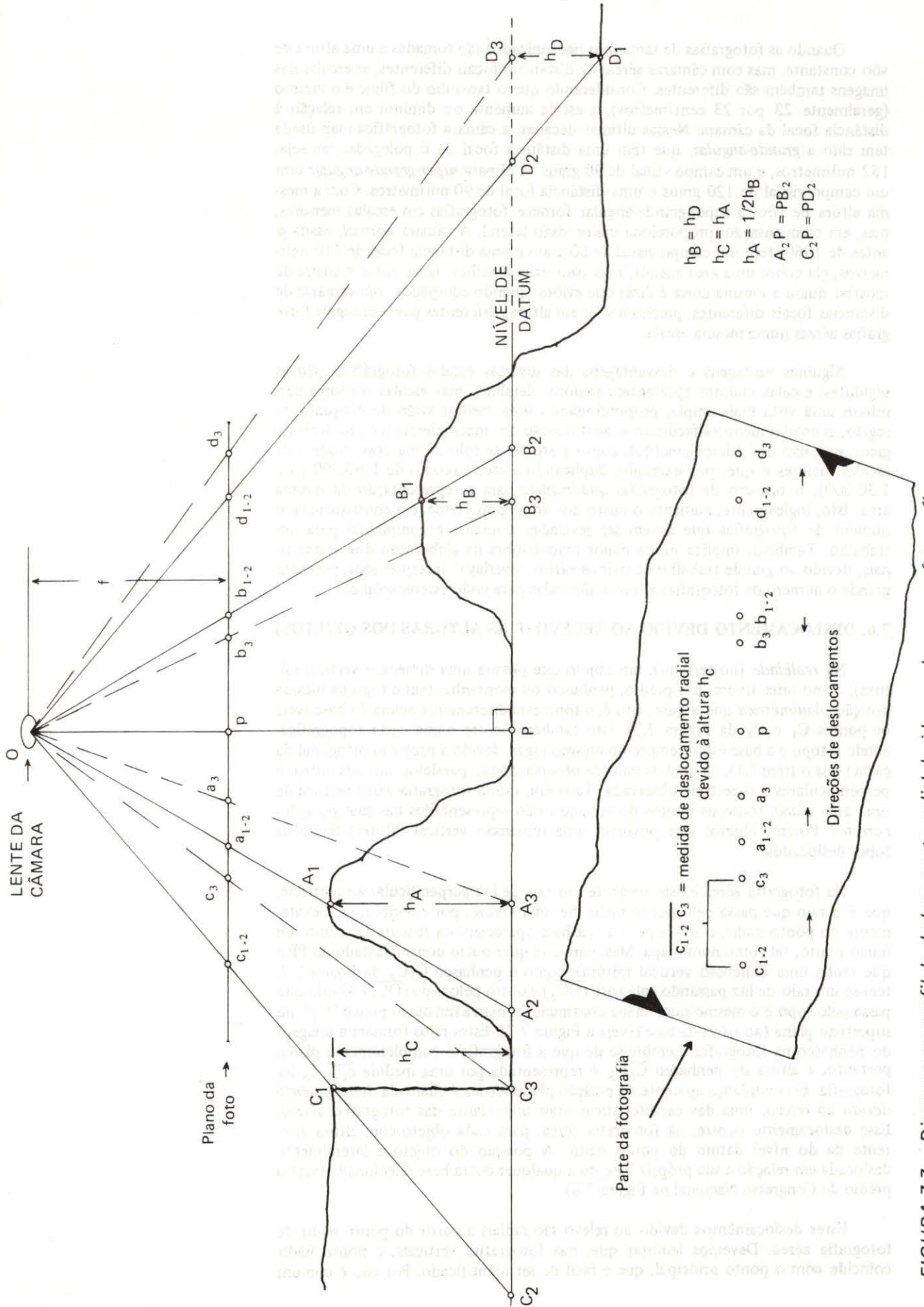


FIGURA 7.7 — Diagrama em perfil do deslocamento radial devido ao relevo numa fotografia aérea vertical



FIGURA 7.8 – Deslocamento radial devido ao relevo e à altura. (Número da foto: 7737; data: 15-11-1977) (com ponto principal marcado) (Cortesia da CODEPLAN)

considerar o nível do ponto nadir como um nível ou plano de datum para este tipo de fotografia aérea. A partir desse plano datum, qualquer imagem que esteja num nível diferente sofre um deslocamento radial.

Uma boa ilustração deste fato pode ser feita em sala de aula com um retroprojetor e um cilindro transparente de plástico ou celofane (diâmetro de 2 a 4cm, altura de 4 a 7cm). Localizando o cilindro de pé no centro do projetor, a imagem projetada na tela é a de um círculo, que representa um cilindro visto de cima. Quando o cilindro está deslocado do centro da tela, ele é somente visto parcialmente de lado, com deslocamento radial a partir do centro. Além disso, quanto mais afastado do ponto principal estiver o cilindro, maior será o deslocamento radial e maior, também, a porcentagem visível do seu lado.

Uma outra demonstração pode ser feita individualmente, observando-se a ponta de um lápis (ou outro objeto reto) com somente um olho (o olho humano

recebe a imagem com uma projeção central ou cônica, tal como a câmara aérea). Movimentando a cabeça lateralmente para ver o fenômeno (Se se preferir, pode-se mover o lápis de forma paralela, e não em forma de arco).

Podemos fazer quatro observações sobre aspectos que influem no deslocamento radial:

1º) O deslocamento é maior quando o objeto está mais afastado do ponto nadir. Por exemplo, veja na Figura 7.7 o deslocamento do ponto C_1 em comparação com o deslocamento do ponto A_1 , medindo a distância entre C_1 e C_3 e entre A_1 e A_3 na fotografia aérea. Isto também pode ser observado na Figura 7.9a.

2º) Para pontos situados à mesma distância do ponto nadir, os deslocamentos radiais são menores para objetos com alturas menores. Veja o caso das duas Torres na Figura 7.9b.

3º) A influência da altura do voo pode aumentar o deslocamento devido ao relevo (Fig. 7.9.c) Quando a altura de voo (H) é menor, o deslocamento devido à altura do objeto é maior. Isto acontece, também, quando temos câmaras com lentes de ângulos de abertura maiores, as quais captam mais os lados dos objetos.

4º) Notamos que o deslocamento devido ao relevo de um objeto tem *duas* representações diferentes, quando estamos usando um *par* de fotografias aéreas para visão estereoscópica. Por exemplo, o deslocamento devido ao relevo de um ponto qualquer na fotografia 1 de um par é diferente do deslocamento devido ao relevo do mesmo ponto na fotografia 2, que é tirada de uma outra posição. Esses dois deslocamentos, juntos, são importantes para medições de paralaxe e de alturas, que será o tópico do próximo capítulo.

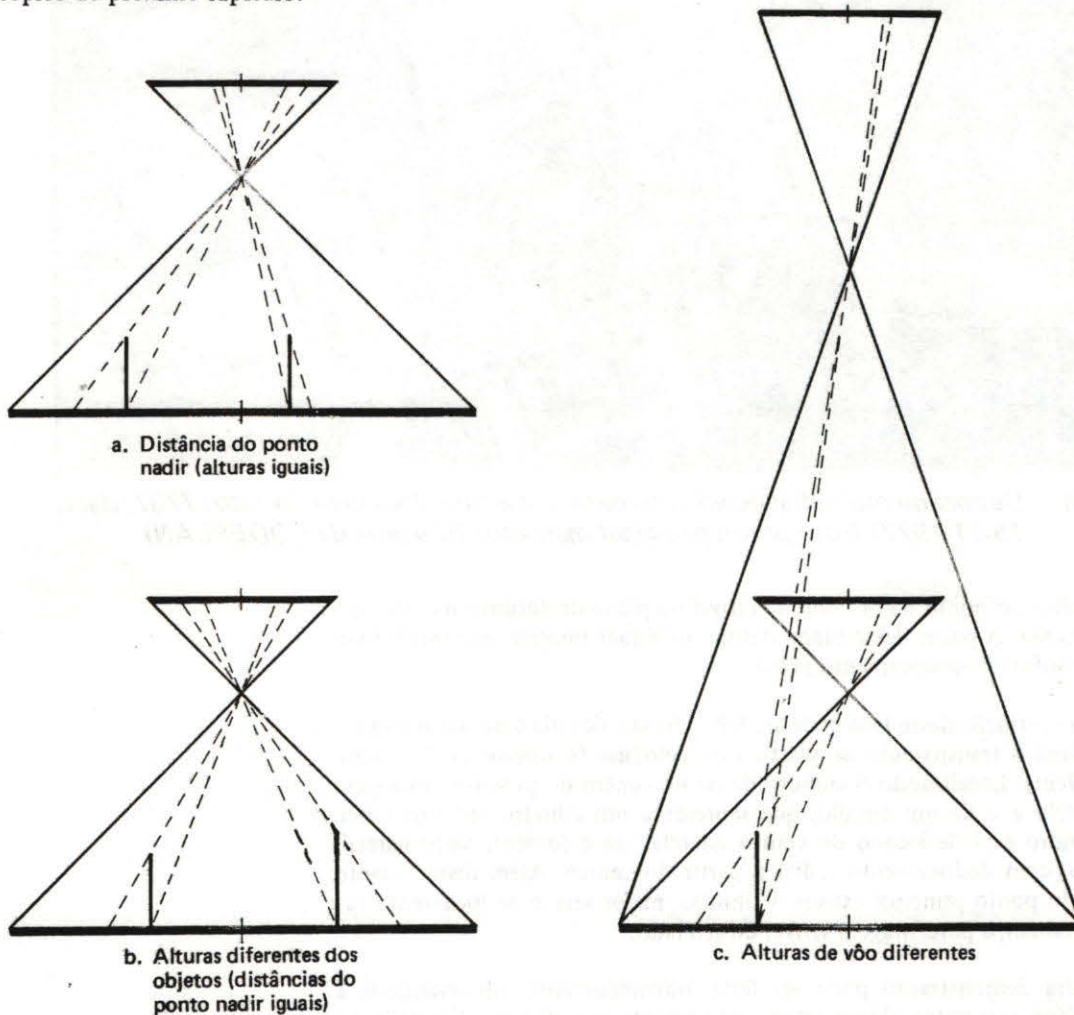


FIGURA 7.9 – Fatores que influem no deslocamento radial

Paralaxe e Determinação de Altura

Paul S. Anderson

8.1. ALGUMAS OBSERVAÇÕES SOBRE PARALAXE

8.1.1. Paralaxe Normal

Temos uma definição de paralaxe no *Manual of Photographic Interpretation*, a qual é: “paralaxe é o deslocamento aparente da posição de um corpo ou objeto em relação a um ponto ou sistema de referência, causado pela mudança do ponto de observação”.

Nesta definição destacamos três elementos importantes:

- a) um objeto;
- b) um ponto ou sistema de referência;
- c) dois pontos de observação.

Um exemplo fácil de ser realizado pode ilustrar esta definição: de onde você se encontra (provavelmente sentado), observe um segmento de reta vertical afastado de 4 a 10 metros da sua cadeira. Este segmento vertical pode ser a junção de duas paredes de uma sala de aula, ou um lado de um quadro negro, um lado de uma porta, etc. Ele servirá como sistema (linha) de referência. Em seguida, feche o olho esquerdo e estenda seu braço direito, procurando elevar o dedo polegar na posição vertical, fazendo a seguinte visada linear:

(olho direito – polegar direito – sistema de referência.)

A vista será similar à da Figura 8.1b. Fechando o olho direito e olhando com o esquerdo, você verificará que seu dedo não mais coincidirá, com a linha de referência (Figura 8.1a). Assim quando mudamos o ponto de observação (do olho direito para o olho esquerdo), estamos materializando a paralaxe. Por outro lado, se você piscar rápida e alternadamente os dois olhos, também verificará que aparentemente o dedo se desloca de uma posição para outra. Observando esta diferença de deslocamento aparente em relação a uma linha vertical, podemos deduzir que será possível medi-la com uma régua colocada horizontalmente na parede ou mesmo segurada com a própria mão.

Nas fotografias aéreas, o sistema de referência é um nível qualquer selecionado dentro do modelo estereoscópico, como um rio, uma estrada, a base de uma árvore, etc. O topo de uma árvore, por exemplo, pode ser considerado como um objeto que tem paralaxe, devido à sua observação, pelo intérprete, de duas posições diferentes.

Sabemos, através do capítulo anterior, que o deslocamento devido ao relevo acontece em todas as fotografias aéreas. Então, quando utilizamos dois pontos de observação, temos deslocamento em cada uma das duas fotografias. Este deslocamento aparente é denominado *paralaxe*.

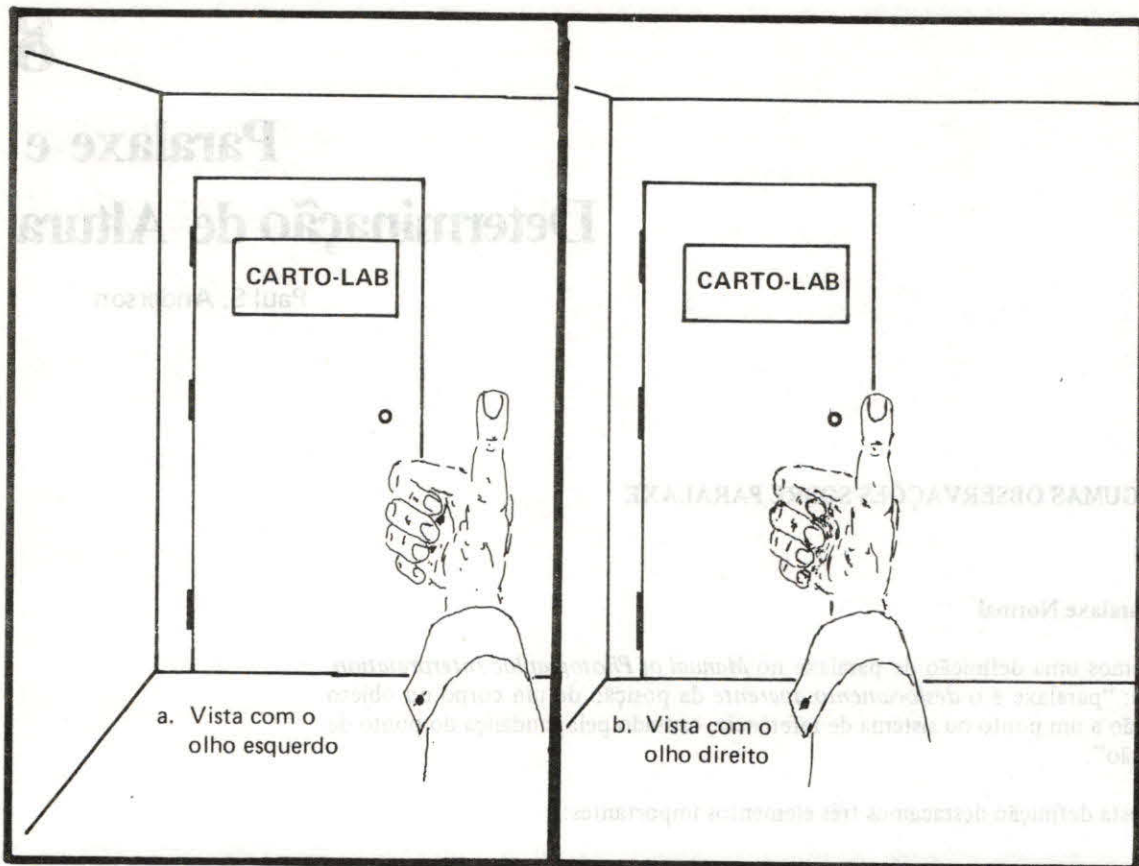


FIGURA 8.1 – Paralaxe é deslocamento aparente

8.1.2. Bifurcação de imagens

Outro fato interessante é a observação do seu polegar com os dois olhos simultaneamente, e, também ao mesmo tempo, a focalização de uma linha de referência pré-escolhida. O resultado será a visão “dupla” do polegar. Uma das imagens advirá do olho direito e a outra do esquerdo, porque o cérebro humano não é capaz de formar uma só imagem do dedo, pois ele está muito próximo do observador em relação à linha de referência, que está afastada de 4 a 10m. Neste caso, a quantidade de paralaxe é excessiva.

Com os dois olhos abertos, estenda seu braço direito, levantando o polegar verticalmente na direção de um objeto de referência que esteja afastado cerca de 50cm de seu rosto. Toque este objeto com o dedo polegar; assim, você verá, simultaneamente, o objeto e o seu dedo. Continue a focalizar o objeto de referência e aproxime o seu dedo lentamente na direção dos seus olhos até que, num determinado ponto, você veja duas imagens do polegar, uma por cada olho, respectiva e separadamente. Este fenômeno acontece simplesmente devido à incapacidade de nosso cérebro acomodar grande quantidade de paralaxe (aproximadamente um centímetro, no caso das fotografias aéreas). Na observação de um par de fotografias, quando o cérebro funde as duas imagens estereoscopicamente, desde que não exista paralaxe em excesso, acontecerá a visão tridimensional da região fotografada. Porém, se nessa área existir um objeto cuja altura seja bastante superior à dos demais, a sua respectiva imagem sofrerá uma bifurcação, que é consequência de uma paralaxe em demasia. Podemos sentir isto ao observar o estereograma da zona do Congresso Nacional, em Brasília (Figura 8.6), ou o exemplo da página 10 do livro de Marchetti e Garcia (1), que é uma fotografia de Monumento a Washington, nos Estados Unidos da América. Em qualquer uma dessas figuras, podemos verificar que

a altura do objeto é muito grande e a altura do vôo é muito pequena; assim, não é possível focalizar e ver estereoscopicamente a base e o topo, ao mesmo tempo. Podemos até ver o topo e pouco mais que a metade do prédio tridimensionalmente, porém a base será vista em imagem dupla. Por outro lado, se observarmos estereoscopicamente a base, enxergaremos duas imagens do topo. Este fenômeno é devido ao grande deslocamento dos pontos do topo e da base, em relação aos seus homólogos.

8.1.3. Paralaxe em "X" e "Y".

De acordo com as instruções no Item 8.1.1., selecione um ponto ou sistema de referência, e estenda novamente o seu braço direito. Estique o seu dedo polegar, desta vez na posição horizontal. Piscando os olhos alternadamente, com a cabeça na posição normal, você observará a materialização do deslocamento horizontal, que será a paralaxe horizontal, chamada paralaxe em relação ao eixo "X". Inclinando a cabeça de 30° a 40° à esquerda e tornando a piscar os olhos, você continuará a enxergar a paralaxe horizontal em "X", mas também perceberá uma paralaxe vertical. O olho que está na posição mais elevada (direito) dará a impressão de estar avistando seu dedo numa posição mais baixa em relação ao sistema de referência. Já com o olho que está na posição mais baixa (esquerdo), teremos a impressão contrária (veja a Figura 8.2). Então, com a cabeça na posição inclinada, poderemos ver a paralaxe em duas direções: paralaxe em relação ao eixo "X" (horizontal) e paralaxe em relação ao eixo "Y" (vertical e perpendicular ao eixo X), que, juntas, causam um "deslocamento aparente" diagonal (resultante). O deslocamento em Y quase sempre é considerado como um defeito de alinhamento, tanto na visão binocular normal quanto na visão estereoscópica.

A paralaxe em Y pode ocorrer em qualquer uma das seguintes situações:
(Observação: A teoria do plano epipolar da visão estereoscópica fornece a explicação científica do problema da paralaxe em Y).

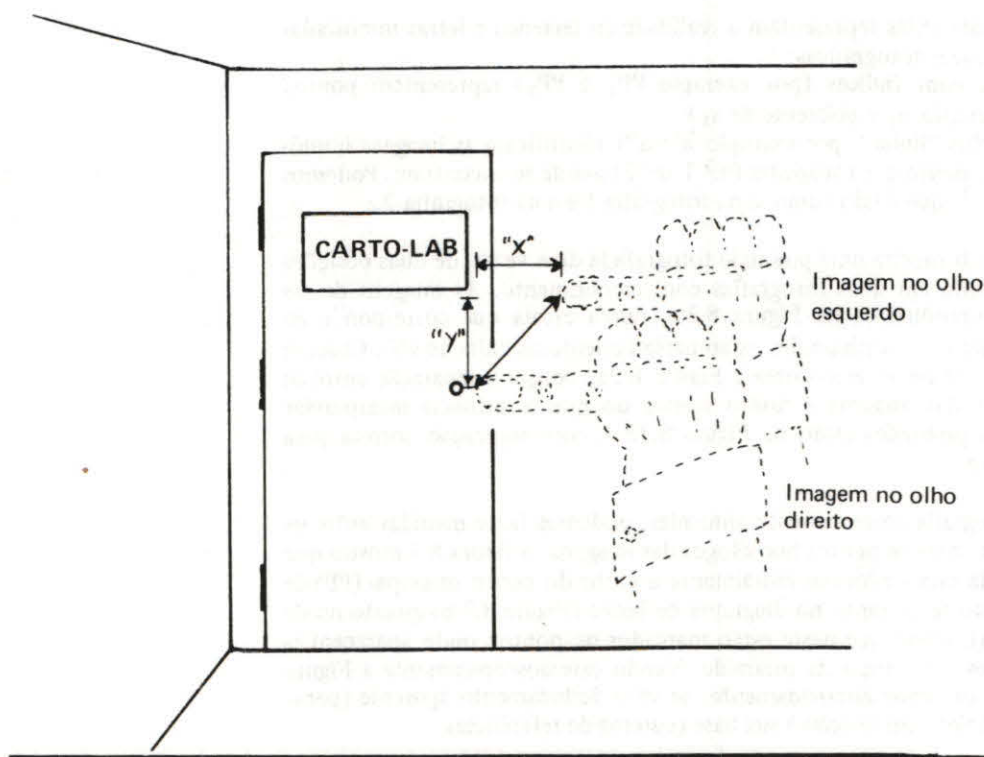


FIGURA 8.2 – Paralaxe "diagonal" em relação aos eixos "X" e "Y" devido à inclinação da cabeça (com os dois olhos abertos tem-se uma imagem dupla da mão)

- 1) Alinhamento incorreto do par de fotografias aéreas (as linhas de vôo das duas fotografias, respectivamente, não formam uma só reta);
- 2) Colocação incorreta do estereoscópio sobre o estereomodelo, (o eixo entre as duas lentes não é paralelo à linha de vôo);
- 3) Colocação incorreta da barra ou cunha de paralaxe sobre o par estereoscópico (as marcas homólogas não são paralelas à linha de vôo);
- 4) Orientação incorreta dos próprios olhos sobre o modelo estereoscópico (o eixo entre os dois olhos não é paralelo à linha de vôo).

Por isto, devemos ter sempre em mente que precisamos realizar um alinhamento correto de *todos* os elementos do sistema de visão estereoscópica para, com isto, evitar a paralaxe em Y, que é extremamente prejudicial a todos os trabalhos de fotointerpretação.

Uma das poucas situações em que o deslocamento em relação ao eixo Y não é prejudicial, é aquela em que um objeto (por exemplo, um carro ou um animal) está em movimento durante o intervalo de tempo entre a tomada de duas fotografias. Se o movimento não é exatamente paralelo ao eixo X, uma certa quantidade de paralaxe em Y acontecerá e será observada na fotografia, impedindo, assim, a visão estereoscópica do objeto. A paralaxe em Y também pode indicar que uma fotografia é inclinada mais do que os três graus aceitáveis nas fotografias consideradas verticais.

Finalmente, enfatizamos que *a percepção de profundidade e a medida de alturas dependem totalmente da paralaxe em X e absolutamente nada da paralaxe em Y*, que deve ser evitada.

8.2. PARALAXE DO TOPO DE UMA PIRÂMIDE

Nota do autor: Devido aos vários símbolos necessários para os diagramas com duas fotografias (por exemplo, Figura 8.3), existem certas convenções para identificar pontos, mas que nem sempre são usadas.

- 1) Letras maiúsculas representam a realidade (o terreno) e letras minúsculas representam as imagens fotográficas;
- 2) Números com índices (por exemplo PP_1 e PP_2) representam pontos diferentes (por exemplo, a_1 é diferente de a_2);
- 3) Os símbolos "linha" (por exemplo a' e a'') identificam as imagens homólogas de um único ponto e a fotografia (n^o 1 ou 2) aonde se encontram. Podemos também usar a^1 e a^2 , que é lido como: a na fotografia 1 e a na fotografia 2.

A Figura 8.3.b mostra uma pirâmide fotografada duas vezes, de duas posições diferentes, resultando em duas fotografias com recobrimento. As imagens dessas pirâmides estão reproduzidas na Figura 8.3 a, numa escala que corresponde ao plano positivo indicado. As pirâmides estão perfeitamente na linha de vôo. Observe que não podemos ver em estereoscopia a Figura 8.3a, porque a separação entre os pontos homólogos das imagens é muito menor do que a distância interpupilar média; as mesmas pirâmides estão na Figura 5.13 a, com separação correta para visão estereoscópica.

Com as fotografias corretamente alinhadas, podemos fazer medidas entre os pontos principais e entre os pontos homólogos das imagens. A figura 8.3 mostra que o topo da pirâmide está deslocado radialmente a partir do ponto principal (PP) de cada fotografia. Isto se vê tanto no diagrama de baixo (Figura 8.3 b) quanto no de cima (Figura 8.3.a), sendo que neste estão marcados os pontos onde aparecem as imagens dos cantos e do topo da pirâmide. Vendo estereoscopicamente a Figura 5.13 a e piscando os olhos alternadamente, se vê o deslocamento aparente (paralaxe) do topo do objeto em relação à sua base (sistema de referência).

A Figura 8.3 também mostra um perfil (corte) vertical do feixe dos raios de luz de um par de fotografias aéreas orientadas. Quando o plano do perfil inclui os centros óticos da lente (em duas posições diferentes) e os pontos principais, as

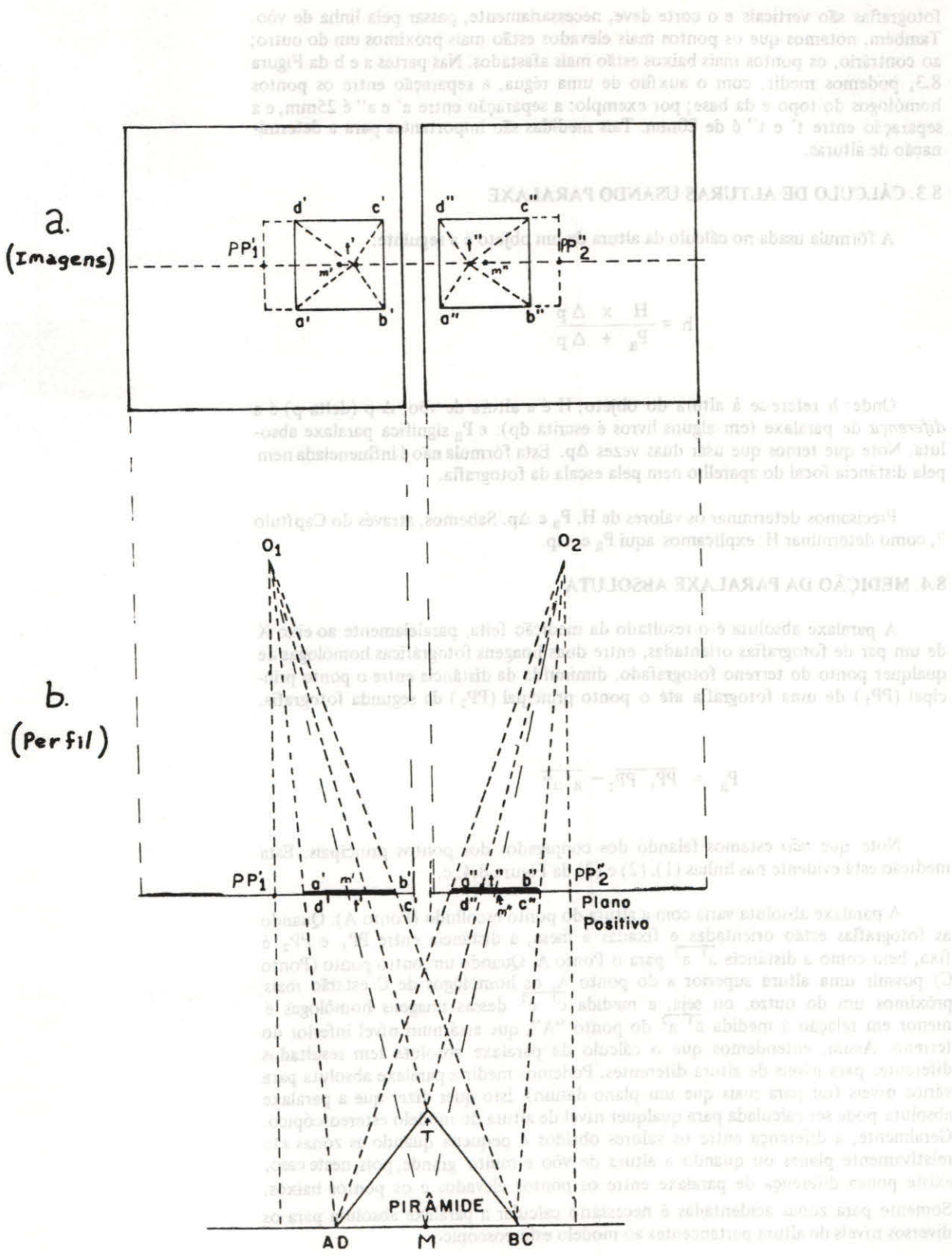


FIGURA 8.3 — Duas projeções de uma pirâmide (ABCD-T) dos pontos de observação O₁ e O₂ (Segundo: ITC)

fotografias são verticais e o corte deve, necessariamente, passar pela linha de vôo. Também, notamos que os pontos mais elevados estão mais próximos um do outro; ao contrário, os pontos mais baixos estão mais afastados. Nas partes a e b da Figura 8.3, podemos medir, com o auxílio de uma régua, a separação entre os pontos homólogos do topo e da base; por exemplo: a separação entre a' e a'' é 25mm, e a separação entre t' e t'' é de 20mm. Tais medidas são importantes para a determinação de alturas.

8.3. CÁLCULO DE ALTURAS USANDO PARALAXE

A fórmula usada no cálculo da altura de um objeto é a seguinte:

$$h = \frac{H \times \Delta p}{P_a + \Delta p}$$

Onde: h refere-se à altura do objeto; H é a altura de vôo; Δp (delta p) é a diferença de paralaxe (em alguns livros é escrita dp); e P_a significa paralaxe absoluta. Note que temos que usar duas vezes Δp . Esta fórmula não é influenciada nem pela distância focal do aparelho nem pela escala da fotografia.

Precisamos determinar os valores de H , P_a e Δp . Sabemos, através do Capítulo 7, como determinar H ; explicamos aqui P_a e Δp .

8.4. MEDIÇÃO DA PARALAXE ABSOLUTA

A paralaxe absoluta é o resultado da medição feita, paralelamente ao eixo X de um par de fotografias orientadas, entre duas imagens fotográficas homólogas de qualquer ponto do terreno fotografado, diminuída da distância entre o ponto principal (PP_1) de uma fotografia até o ponto principal (PP_2) da segunda fotografia.

$$P_a = \overline{PP_1 PP_2} - \overline{a' a''}$$

Note que *não* estamos falando dos conjugados dos pontos principais. Esta medição está evidente nas linhas (1), (2) e (3) da Figura 8.4. c.

A paralaxe absoluta varia com a altura do ponto escolhido (Ponto A). Quando as fotografias estão orientadas e fixadas à mesa, a distância entre PP_1 e PP_2 é fixa, bem como a distância $a' a''$ para o Ponto A. Quando um outro ponto (Ponto C) possuir uma altura superior a do ponto A, os homólogos de C estarão mais próximos um do outro, ou seja, a medida $c' c''$ dessas imagens homólogas é menor em relação à medida $a' a''$ do ponto "A", que está num nível inferior do terreno. Assim, entendemos que o cálculo da paralaxe absoluta tem resultados diferentes para níveis de altura diferentes. Podemos medir a paralaxe absoluta para vários níveis (ou para mais que um plano datum). Isto quer dizer que a paralaxe absoluta pode ser calculada para qualquer nível de altura do modelo estereoscópico. Geralmente, a diferença entre os valores obtidos é pequena quando as zonas são relativamente planas ou quando a altura de vôo é muito grande, pois, neste caso, existe pouca diferença de paralaxe entre os pontos elevados e os pontos baixos. Somente para zonas acidentadas é necessário calcular a paralaxe absoluta para os diversos níveis de altura pertencentes ao modelo estereoscópico.

Consideremos um caso especial, quando o ponto A escolhido é um dos pontos principais. Assim, teremos a distância medida entre o PP_1 e o PP_2 (linha (1) da Figura 8.4c) e também a distância medida entre o PP de uma fotografia até o conjugado do mesmo ponto na outra fotografia (linha (6)). A diferença entre estas duas medidas equivale à distância medida, numa única fotografia aérea, entre o ponto principal dessa fotografia e o conjugado do ponto principal (PPC) da foto-

grafia adjacente, o qual aparece nessa primeira fotografia (veja a linha (7) na Figura 8.4.c). Esta distância é igual à *fotobase*, cuja leitura é feita geralmente em milímetros (veja o Item 5.3). Temos duas maneiras de calcular a fotobase, como vemos na Figura 8.4.c: uma é diminuindo a distância S da distância T, o que fornece a medida b_1 na fotografia 1; outra é subtraindo a distância R da distância T, o que dá a medida b_2 na fotografia 2.

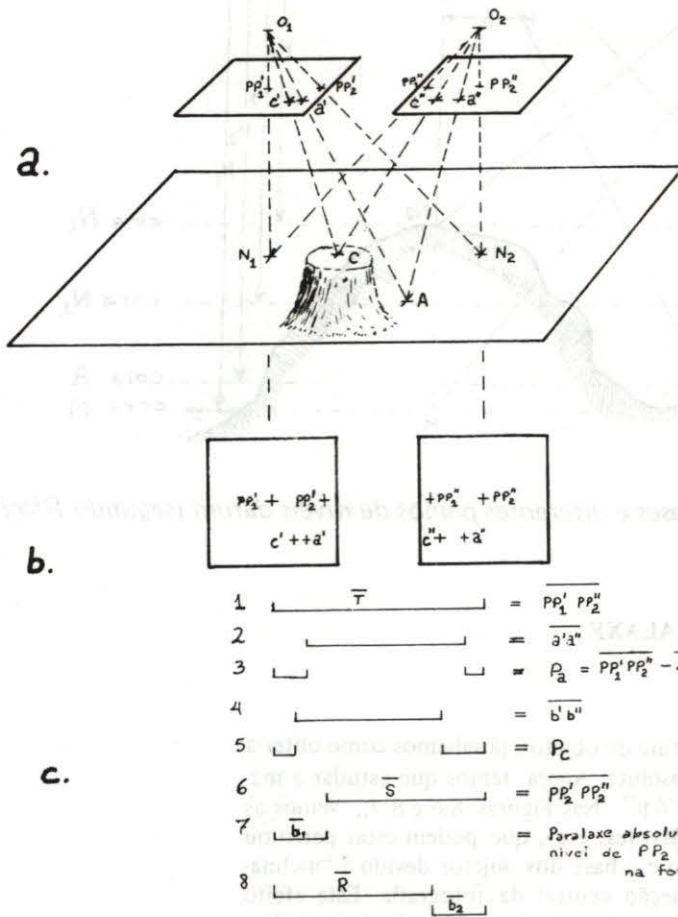


FIGURA 8.4 – Determinação da paralaxe absoluta

A Figura 8.5. mostra como os conjugados dos pontos principais, nas fotografias verticais, podem ter deslocamentos devido ao relevo, e como determinar a paralaxe absoluta para qualquer nível datum especificado (nível A). Quando os pontos principais estão em níveis diferentes, notamos que o PP_1 encontra-se deslocado devido ao relevo na sua imagem homóloga na fotografia 2. Também o PP_2 tem deslocamento devido ao relevo na fotografia 1. Existem duas maneiras de tratar essa situação. Uma é fazer as medidas b_1 e b_2 , somá-las e dividir o total por dois, efetuando assim a média aritmética entre esses dois valores. O resultado dessa operação fornece a paralaxe absoluta para o nível médio entre os níveis dos dois pontos principais. A outra maneira, mais convencional, é fazer diretamente a medida de b_1 (na fotografia 1), que está ao mesmo nível de altura do PP_2 da fotografia 2, concretizando com isto a medição da fotobase na fotografia que estiver à esquerda (fotografia 1, de acordo com os critérios do alinhamento). Com este procedimento, obtém-se a paralaxe absoluta para todos os pontos que estejam ao mesmo nível (altura) do ponto principal da fotografia 2.

Mesmo que a medição simples da fotobase seja adequada para o cálculo da paralaxe absoluta em muitos estudos da fotointerpretação, é importante lembrar de medir a paralaxe absoluta ao nível da base do objeto de interesse, se ele estiver em um nível bastante diferente daquele dos pontos principais.

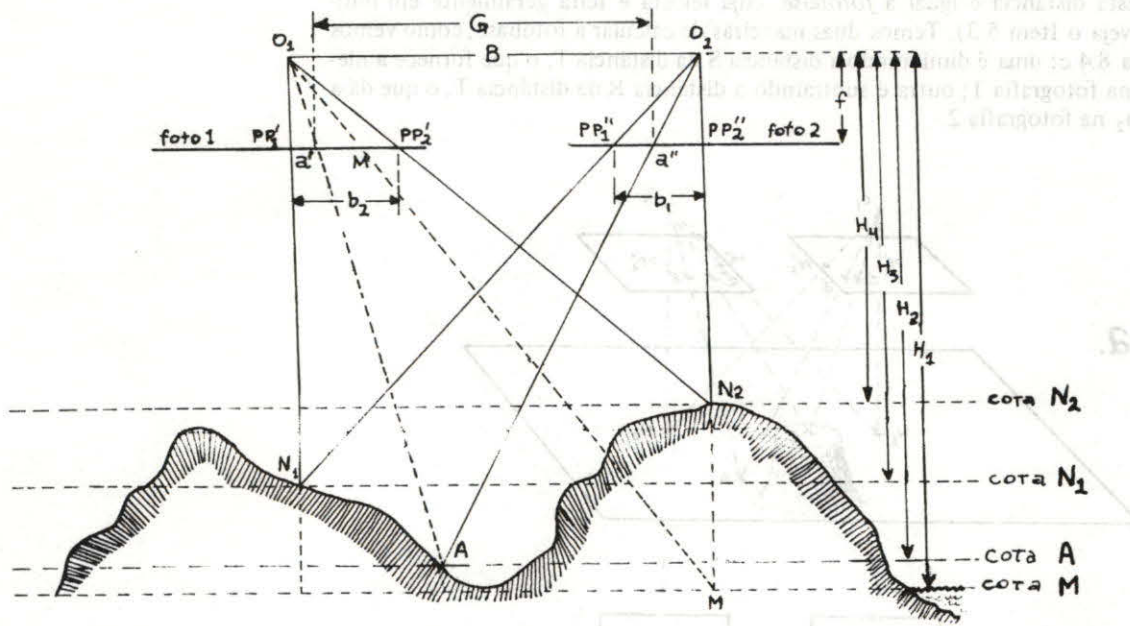


FIGURA 8.5 — Relações entre totobases e diferentes planos de níveis datum (segundo Ricci e Petri)

8.5. MEDIÇÃO DA DIFERENÇA DE PARALAXE

8.5.1. Quando o topo e a base são visíveis

Para usar as fórmulas de cálculo de altura de objetos, já sabemos como obter a altura de vôo e como medir a paralaxe absoluta. Agora, temos que estudar a maneira de medir a diferença de paralaxe " Δp ". Nas Figuras 8.6 e 8.7., vemos as imagens de objetos com altura (prédios, árvores, etc), que podem estar perto ou longe da linha de vôo. Podemos ver o topo e a base dos objetos devido à "inclinação" da imagem efeito que vem da projeção central da fotografia. Este efeito permite a medição da diferença de paralaxe, que pode ser feita de dois modos. Podemos fazer uma medição, que aqui se chama dp_1 , na fotografia 1, e também podemos medir dp_2 na fotografia 2. Veja na Figura 8.7 que o objeto não precisa necessariamente estar na linha de vôo, porque todas as imagens de qualquer ponto do objeto (base, topo, etc.) podem ser projetadas (transferidas), através do uso de linhas perpendiculares à linha de vôo, para que se possa fazer uma medida na direção do eixo X (veja a Figura 8.8). Somando os valores de dp_1 e dp_2 , temos uma diferença de paralaxe total, que vamos chamar de dp ou Δp . Como vimos, neste método é necessário fazer duas medidas, uma em cada fotografia aérea, depois da transferência da imagem do objeto à linha do eixo X. Isto é trabalhoso e pode causar erros no traçado das linhas perpendiculares.

Uma outra maneira de obter dp ou Δp é fazer uma medida desde o topo da imagem do objeto em uma das fotografias, até o topo da imagem conjugada desse objeto na fotografia adjacente. Esta medida é chamada de "separação dos topos" S_{topo} . Podemos realizar o mesmo para as bases e teremos S_{base} . Então, a diferença de S_{base} menos S_{topo} (agora, em vez de somar, precisamos subtrair) dá o resultado equivalente à dp ou Δp para o objeto. Esse é o valor que usaremos nos cálculos de altura. Note a importância de ter as fotografias alinhadas corretamente, com as respectivas linha de vôo coincidindo em direção, ou seja, continuando de uma a outra fotografia (veja Figura 8.6). Note, também que essas medidas podem ser feitas com uma simples régua. Entretanto, existem maneiras mais exatas de medir paralaxe, as quais estão apresentadas no Capítulo 10, que está no livro *Técnicas para Fotointerpretação*.

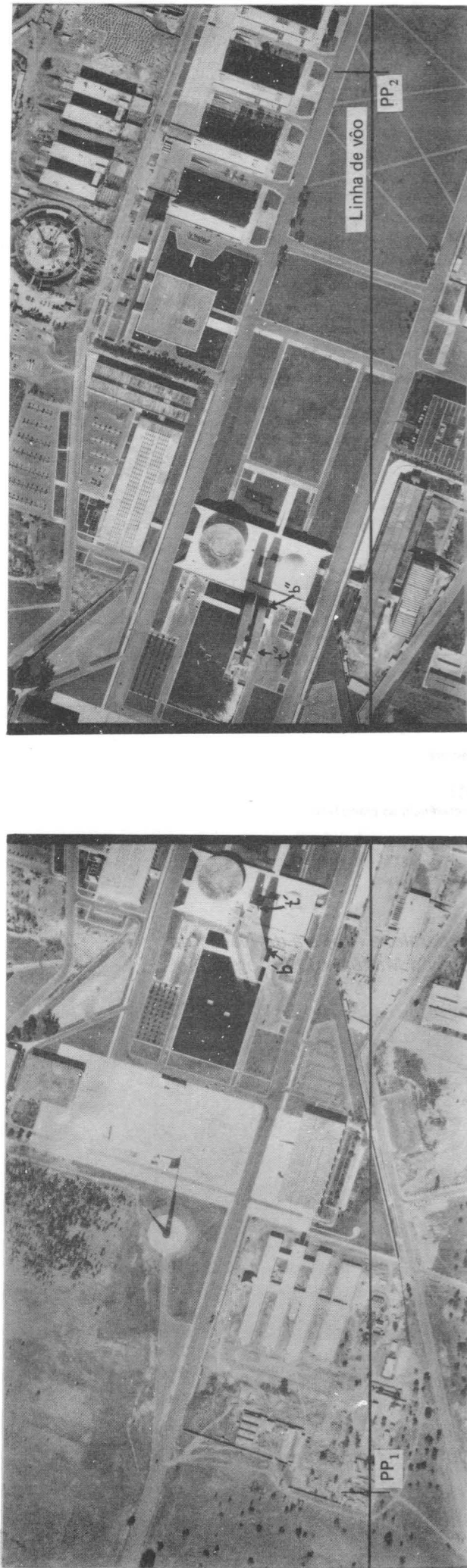


FIGURA 8.6a. — Fotografias aéreas mostrando paralaxe devido à altura

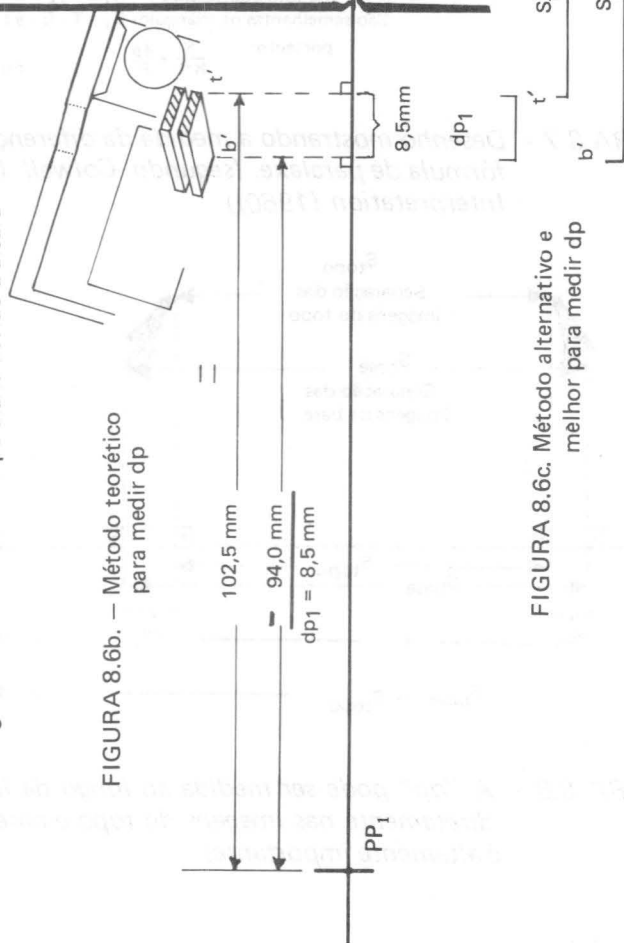


FIGURA 8.6b. — Método teórico para medir dp

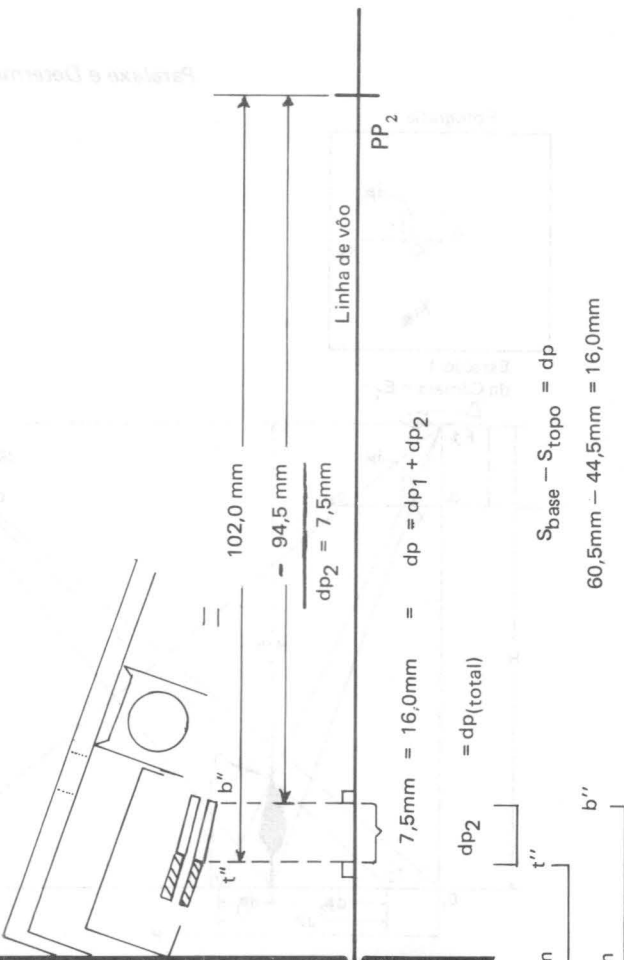


FIGURA 8.6c. Método alternativo e melhor para medir dp

FIGURA 8.6 — Medição da diferença de paralaxe de dp ; exemplo do prédio do Congresso Nacional em Brasília (Fotografias cortesia da CODEPLAN) (observações: 1. As Figuras 8.6a e 8.6b são estereogramas; 2. A impressão gráfica pode causar mudanças nas medições)

Paralaxe e Determinação de Altura

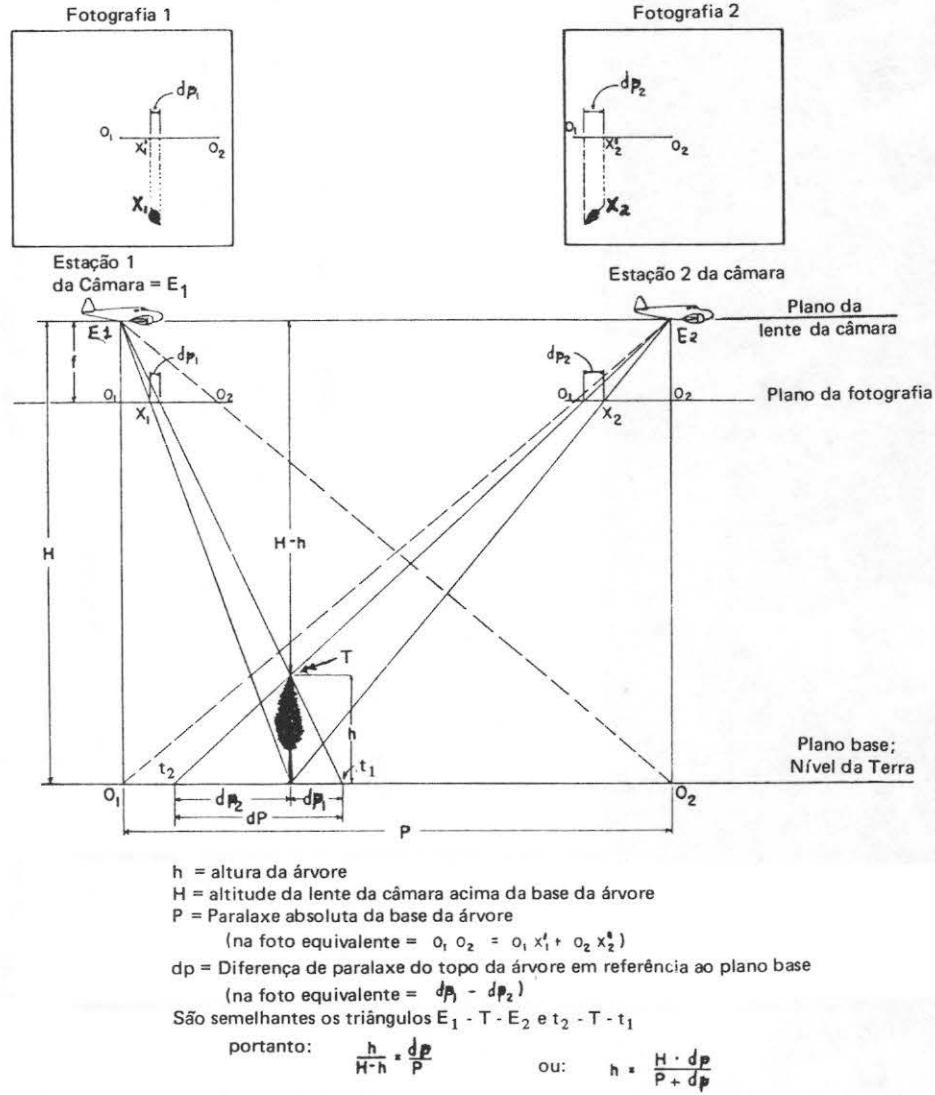


FIGURA 8.7 – Desenho mostrando a medida da diferença de paralaxe (dp) e a derivação da fórmula de paralaxe. (segundo Colwell (1955) no Manual of Photographic Interpretation (1960))

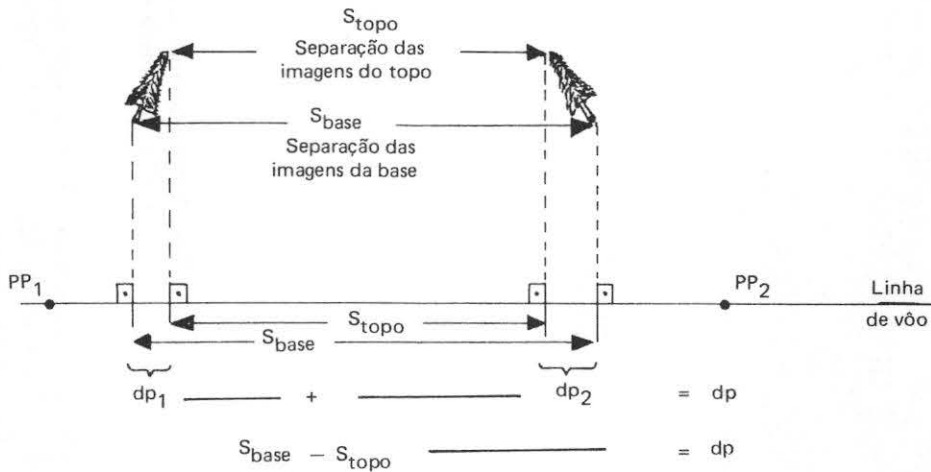


FIGURA 8.8 – A “dp” pode ser medida ao longo da linha de vôo, porém é mais exato medi-la diretamente nas imagens do topo e base. (Nota: A alinhamento correto das fotos é altamente importante)

8.5.2. Quando o topo ou a base não são visíveis

No caso anterior, vimos que precisamos de quatro pontos visíveis do objeto (duas imagens homólogas de cada um dos dois pontos: base e topo). Quando somente três pontos são visíveis, temos que estimar a posição do quarto ponto. Por exemplo, se uma árvore reta está no ponto principal de uma fotografia, sabemos que a "imagem" da base está exatamente embaixo da imagem do topo. Também, quando estiver faltando uma das imagens homólogas, podemos selecionar outro ponto no terreno, desde que esteja visível em ambas as fotografias e no mesmo nível da base da árvore (de preferência próximo a ela); porém, em florestas densas muitas vezes será necessário usar um ponto afastado. A seleção do nível da base, neste caso, só será aconselhável se o terreno for plano. Torna-se até mesmo impossível encontrar pontos homólogos ao nível da base da árvore quando a floresta for densa e o terreno movimentado. Na floresta amazônica, por exemplo, temos áreas em que é muito difícil a seleção de pontos. Quando se está medindo alturas de colinas ou montanhas, nunca podemos ver o fundo da colina, pois ele está no subsolo. Mas, a base da colina é visível no fundo do vale.

É possível determinar a diferença de altura entre quaisquer dois lugares visíveis nas duas fotografias, usando a fórmula citada. Porém, com qualquer pequeno erro no alinhamento das fotografias, as medidas de Δp e, conseqüentemente, a da altura serão inexatas.

8.6. SIMPLIFICAÇÃO DA FÓRMULA DE CÁLCULO DE ALTURA

Notamos que se retirarmos o Δp do denominador da fórmula para o cálculo de alturas usando paralaxe, teremos uma fórmula mais simples, que será:

$$h = \frac{H}{P_a} \cdot \Delta p \quad \text{Observamos que:} \quad \frac{H}{P_a}$$

é constante para um nível de datum normal, quando o terreno não é muito acidentado. Mesmo em zonas acidentadas, esse valor é constante para todos os pontos que estejam ao mesmo nível, dentro do modelo estereoscópico do terreno. Usando essa fórmula mais simples, precisamos apenas calcular a diferença de paralaxe de topo e de base de qualquer objeto e multiplicá-la pela constante H/P_a , que teremos a altura desse objeto. E essas medidas podem ser feitas muito rapidamente.

O critério para decisão de se é permitido usar essa fórmula mais simples é inferir se Δh (altura do objeto) é igual ou menor que 3% de H (altura de vôo). Quando $\Delta h \leq 3\%$ de H , a influência de se somar $P_a + \Delta p$ no denominador da fórmula completa é mínima. Isto não influirá no resultado, considerando a precisão das medidas e dos instrumentos que estamos manipulando. Por exemplo, se temos uma altura de vôo de 3.000 m, só quando tivermos altura de objetos (árvores, montanhas, ou quaisquer outros objetos) menores de 90 m é que será permitido usar a fórmula mais simples. Notamos que em muitos casos de estudos florestais, de vegetação, de ecologia, é muito provável que vamos ter medidas de altura menores que 3% de H , ou seja, alturas inferiores que 90 m quando $H = 3.000$ m (escala aproximada da fotografia 1:20000, se $f = 150$ mm), ou de 30 m quando $H = 1.000$ m (escala aproximada da fotografia 1:6000, se $f = 150$ mm). E casos assim, podemos usar a fórmula simples. Geralmente, ela é a mais usada, com exceção para os casos em que é exigida grande precisão, ou quando o terreno é acidentado, ou ainda quando temos fotografias em escala muito grande (altura de vôo bem pequena.)

8.7. DETERMINAÇÃO DA ALTURA DE OBJETOS EM UMA FOTOGRAFIA ISOLADA

Usando somente uma fotografia aérea vertical, é possível medir a altura de objetos, através do deslocamento devido ao relevo. Para isto, os objetos devem possuir algumas características especiais, as quais são, especificamente:

- 1) possuir lados verticais;
- 2) os lados retilíneos devem ser visíveis na fotografia aérea;
- 3) o topo e a base devem ser perfeitamente determinados e identificáveis.

Alguns objetos, tais como postes, caixas d'água, reservatórios petrolíferos, edifícios, etc, possuem tais características. Em *alguns* casos também será possível a determinação da altura de árvores, usando uma fotografia isolada; para tal, além dos cuidados com a localização precisa das bases e dos topos, há necessidade de se verificar se a árvore encontra-se realmente na vertical.

Note-se que esse processo é menos confiável do que o da determinação de alturas através da utilização das diferenças de paralaxe.

Para utilizar esse processo, necessitamos de três valores:

- 1) Altura de vôo (H);
- 2) Distância radial (r) — Medida radial entre o ponto principal da fotografia e o topo do objeto a ser medido;
- 3) Deslocamento radial (d) — Pequena distância entre o topo e a base do objeto que se deseja medir; normalmente é fornecida em milímetros.

A Figura 8.9 mostra como as medidas r e d podem ser determinadas. A fórmula da determinação de alturas pelo deslocamento devido ao relevo, utilizando apenas uma fotografia isolada, é a seguinte:

$$h = \frac{d \times H}{r}$$

Temos que tomar muito cuidado na localização precisa do topo e da base do objeto. Além de que o objeto não está em terceira dimensão com somente uma fotografia, não é possível usar quaisquer pontos do topo e da base; o ponto escolhido do topo deve estar verticalmente acima do ponto da base visível. Por isto, o método não pode ser aplicado para medidas de alturas de acidentes geográficos, por exemplo: colinas, vales, montanhas, etc. Podemos afirmar que a aplicação desse processo oferece resultados mais precisos quando os objetos estão mais afastados do ponto principal; devemos procurar sempre a fotografia na qual o objeto tem o maior deslocamento radial, e fazer as medições com o máximo de precisão possível (em décimos ou, pelo menos, quartos de milímetros).

8.8. UM EXEMPLO DIAGRAMÁTICO

Notamos na Figura 8.10 que as imagens R, S e T são especiais no sentido que S é uma representação gráfica da aparência do modelo estereoscópico de R e T. É dizer que o PP de S (PP_S) está exatamente no meio entre PP_R e PP_T. Temos um recobrimento entre R e T de 60%, como o de fotografias normais. A imagem de S então tem recobrimento de 80% com R e 80% com T. As margens laterais da imagem de S foram cortadas para atender aos fins do diagrama. Fotografias com tanto recobrimento existem, mas não são comuns, porque é um processo muito caro e uma perda de filmes, fazendo-se 3 fotos da área quando somente precisa-se de duas para visão estereoscópica.

Também note que a imagem T não tem uma torre no PP_T, mas somente uma marca "x". Essa marca não tem deslocamento devido ao relevo, porque está ao nível datum desses diagramas, ou seja, ao nível das bases das torres. De toda maneira, é possível usar a fórmula citada anteriormente (simples ou complexa) para calcular a altura dessas torres, tanto usando os diagramas R e S, ou S e T, ou R e T. É possível ver R e S ou S e T em estereoscopia, porém, isto é difícil devido à grande quantidade de paralaxe existente, a qual nossos olhos não podem acomodar facilmente.

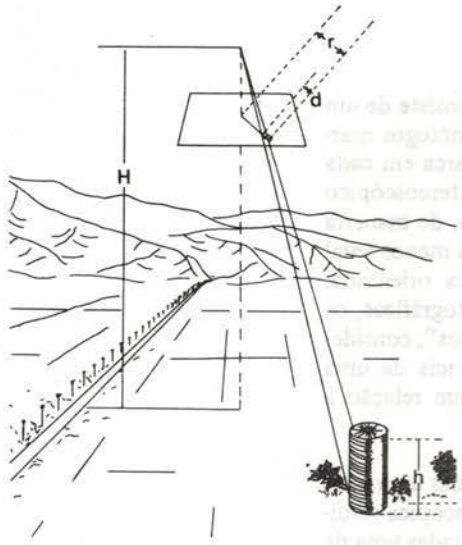


FIGURA 8.9a. — Visão em perspectiva (Fonte: An. Soc. of Photogrammetry)

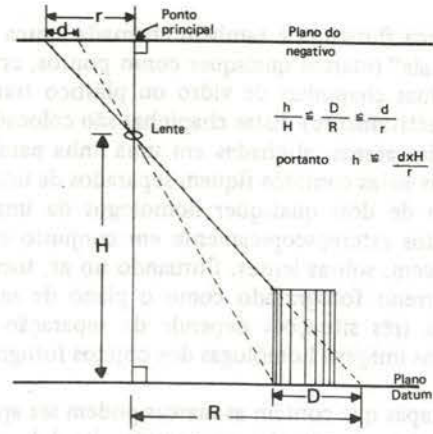


FIGURA 8.9b. — Corte esquemático mostrando a geometria



FIGURA 8.9c. — Exemplo fotográfico da medição da altura do prédio da Caixa Econômica Federal em Brasília, DF. (Cortesia da CODEPLAN)

FIGURA 8.9 — Determinação da altura de um objeto usando somente uma fotografia aérea vertical

8.9 MARCA FLUTUANTE

A marca flutuante é também chamada marca estereoscópica. Consiste de um par de "sinais" (marcas quaisquer como pontos, cruces, círculos) homólogos marcados em duas chapinhas de vidro ou plástico transparente (uma marca em cada chapa, respectivamente). Estas chapinhas são colocadas sobre um par estereoscópico de fotografias aéreas, alinhadas em uma linha paralela à linha de vôo, de maneira que os sinais nelas contidos fiquem separados de uma distância mais ou menos igual à separação de dois quaisquer homólogos da imagem estereoscópica orientada. Quando vistos estereoscopicamente em conjunto com as imagens fotográficas, os sinais aparecem, sob as lentes, flutuando no ar, tocando ou "enterrados", considerando o terreno fotografado como o plano de referência. A ocorrência de uma dentre essas três situações depende da separação entre as marcas em relação à separação das imagens homólogas dos objetos fotografados.

As chapas que contêm as marcas podem ser aproximadas (colocadas uma mais perto da outra), permitindo a impressão visual de que a marca estereoscópica resultante está subindo em relação ao terreno. Também, elas podem ser afastadas uma da outra e a impressão será de que a marca resultante estará descendo em direção ao terreno. Deste modo é que a marca estereoscópica parece flutuar.

Uma outra maneira de perceber a flutuação de uma marca sobre um par de fotografias aéreas é colocar dois pequenos focos de luz (um em cada) sobre um par de fotografias que possuam recobrimento suficiente para permitir a visão estereoscópica. Isto pode ser feito através de duas lanternas pequenas apontadas verticalmente para o par de fotografias, respectivamente uma para cada fotografia, tal como se os focos de luz fossem pontos homólogos. Esses pontos de luz aparecerão flutuando no ar acima do terreno quando estiverem mais próximos um do outro do que estiverem os pontos homólogos das imagens situadas embaixo dos "pontinhos" de luz.

Podemos ter a impressão de coisas flutuando no ar nos testes de visão estereoscópica, os quais geralmente apresentam pontos ou letras suspensas no ar, ou, então, acima, ou, ainda, abaixo das outras letras, em relação a um plano médio em que se encontram a maioria das letras ou dos pontos. Nós podemos marcar, no próprio teste de visão estereoscópica, outras letras (ou pontinhos, ou outros símbolos), cujos homólogos sejam paralelos à linha de vôo e possuam uma separação menor do que a dos outros símbolos; e aquele novo ponto construído por nós dá a impressão visual de que está em um plano superior ao dos outros pontos da imagem.

Este princípio de marca flutuante é utilizado em alguns instrumentos que, assim, permitem medições de separação entre imagens homólogas nas fotografias (para uso no cálculo da diferença de paralaxe entre pontos) com uma precisão maior que as que podem ser obtidas com uma régua. Dois desses instrumentos são a barra de paralaxe e a cunha de paralaxe, explicados no Capítulo 10, que é o começo de *Técnicas para Fotointerpretação*.

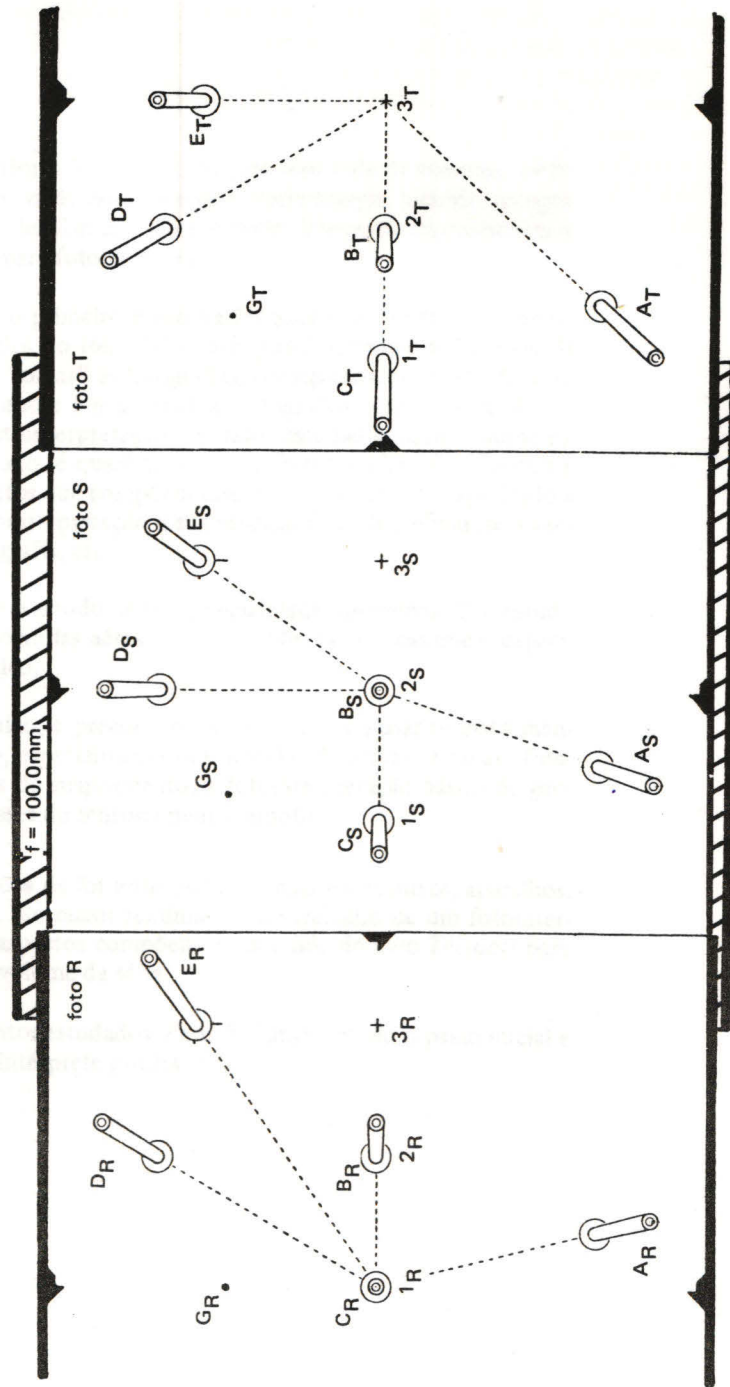


FIGURA 8.10 – Um diagrama estereoscópico de cinco torres para exercício visual, e medição paraláxica e de recobrimento entre fotografias aéreas. (Adaptado de Ricci e Petri)

Apêndice 1

Bibliografia Citada

- American Society of Photogrammetry, 1960. *Manual of Photographic Interpretation*, Washington D.C., E.U.A.
- Archives Internationales de Photogrammetrie. Vol. XIV (1962). *Transactions of the Symposium on Air Photointerpretation*, Delft, Holanda.
- Avery, T.E., 1977 *Interpretation of Aerial Photographs*, 3ª edição, Burgess Publ. Company, Minneapolis, Minn. E.U.A.
- Boon, D.A., 1960 "Report of working group 4, Interpretation of Vegetation", *Photogrammetric Engineering*, 26, 283-302.
- Buringh, P., 1960 The application of aerial photographs in Soil Surveys, *Manual of Photographic Interpretation*, American Society of Photogrammetry, Washington DC, 633-666.
- Cameron, H., 1964 Ice-cover surveys in the Gulf of St. Lawrence by Radar, *Photogrammetric Engineering*, 30, 833-841.
- Chevalier, R., 1964 Problèmes de l'archéologie aérienne en France, presented paper, ISP Congress, Lisbon.
- Clos-Arceuduc, A., 1964 La photographie aérienne et l'étude des dépôts pré littoraux, presented, ISP Congress, Lisbon.
- Craig, D.R. 1961 Billions of bits/minute, *Photogramm. Eng.* 27, 394-406.
- Fisher, W.A. and R.G. Ray, 1962 Are aerial photographs obsolete? *Photogramm. Eng.* 28, 94-96.
- Fisher, W.A., 1963 Geological interpretation from airphotos, *Proceedings*, Symposium on air photointerpretation, Ottawa, Part 4, pp. 21-31.
- Goldstein, A. and A. Rosenfeld, 1964 Optical Correlation for Terrain type discrimination, *Photogramm. Eng.* 30, 639-646.
- Lueder, D.R., 1959 *Principles and application of aerial photographic interpretation*, New-York London.
- Marchetti, D.A.B. e Garcia, G.J., 1977 *Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação*, Nobel, São Paulo.
- Martinek H. and others, 1961. Human factors studies in image interpretation (Symposium) *Photogrammetric Engineering*. 27, 714-728.
- Mayhew, G.H., 1964. Geophysical data as an aid to interpretation of aerial photographs. *Photogramm. Eng.* 30, 58-63.
- Mikhailov, V.Y., 1961 The use of colour sensitive films in aerial photography in USSR. *Photogrammetria* 17, 99-104.
- Opreescu, N.C., 1964 L'utilisation réunie des critères qualitatifs et quantitatifs pour la photointerprétation et le traçage du nivellement dans les zones planes et à microrelief, presented paper ISP Congr. Lisbon.
- Ricci, M. e Petri, S. (1965) *Princípios de Aerofotogrametria e interpretação geológica*, Cia. Ed. Nacional, São Paulo.
- Strandberg, C.H., 1967 *Aerial Discovery Manual*, John Wiley, New York.

- Tarkington, R.G. and A.C. Sorem, 1963. Color and false color film for aerial photography. *Photogrammetric Engineering*, 29, 88-95.
- Thonnard, R.L.G., 1964 Symposium international de photointerpretation. Delft, 1962, *Photogrammetrie* (A.S.B.L.), Bruxelles, no. 75, 21-24.
- Thoren, R.V.A., 1964 The application of aerial photointerpretation in the scientific field of ice met at sea, presented paper ISP Congres, Lisbon.
- Van Lopik, J.R. and others, 1960. Symposium infrared and radar photointerpretation, *Photogramm. Eng.* 26. 610-656.
- Verstappen, H. Th., 1964. Fundamentals of photo geology/geomorphology. *ITC Textbook of photo-interpretation*, Vol. VII.1
- Vink, A.P.A., 1964 (a) *Aerial photographs and the soil sciences*, UNESCO, Paris.
- Vink, A.P.A., 1964 (b) *Some thoughts on photointerpretation*, ITC publication B 25., Enschede, Holanda.
- Vink, A.P.A., Verstappen, H. Th. e Boon, D.A., 1965 *Some Methodological Problemas in Interpretation of Aerial Photographs for Natural Resources Surveys*, ITC publication B 32, Enschede, Holanda.

Apêndice 2

Bibliografia Indicada para Consulta em Português

Alcyone V.R. Saliba

Nota do Editor-Coordenador:

Portadora, pelo período de um ano, de uma bolsa de "Iniciação à Pesquisa" do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a geógrafa Alcyone V. R. Saliba fez um levantamento das obras escritas em português sobre foto-interpretção, através principalmente da avaliação de questionários enviados e respondidos por diversas instituições de ensino superior. Grande parte do produto final disso está publicado nos Apêndices 2 e 3. Mesmo que nenhuma lista de tal tipo possa ser completa, as 167 citações bibliográficas seguintes mostram a variedade e a extensão da literatura disponível. Tal lista oferece um subsídio importante para os fotointérpretes e cartógrafos brasileiros, e é por isso que está incluída como um apêndice especial neste livro. Aos leitores que conheçam outras obras não-incluídas ainda, pedimos o obséquio de enviar as respectivas referências bibliográficas à autora (aos cuidados do Editor-Coordenador), assim contribuindo para a constante atualização da listagem.

BIBLIOGRAFIA INDICADA PARA CONSULTA EM PORTUGUÊS

A. Item: livros

A.1. livros I

Nota: As informações abaixo foram coletadas diretamente pela autora.

1. ANDERSON, P.S. — *Fundamentos para Fotointerpretação*, Sociedade Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, RJ, 1982.
2. LIBAUT, A. — *Geocartografia*, parte I — cap. 2 e parte X - cap. único, Ed. Nacional — Ed. USP, São Paulo, 1975.
3. MARCHETTI, D.A.B. e GARCIA, G.J. — *Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação*, Nobel, São Paulo, 1977.
4. PETRI, S. et alli — *Estratigrafia e Sedimentologia, Geologia Estrutural e Aerofotogeologia*, Instituto Nacional do Livro, Brasília, 1972.
5. RAISZ, E. — *Cartografia Geral* (tradução), partes V e IX, Ed. Científica, Rio de Janeiro, 1969.
6. RAY, R. G. — *Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológico* (tradução), volumes 1 e 2, Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, 1963.
7. RICCI, M. e PETRI, S. — *Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica*, Ed. Nacional, São Paulo, 1965.

A.2. livros II

Notas:

- . As informações abaixo foram coletadas nos questionários enviados às várias universidades. Dentro dos parênteses, que encontram-se ao final da notação, estão as siglas dos informantes.

Nem sempre o informante forneceu os dados necessários para a notação correta e completa da publicação. Como não foi possível acessar diretamente as obras, existem, então, omissões. Pela mesma razão, as informações não foram verificadas.

ALMEIDA, R.V. – *Fotogrametria e Fotointerpretação*, RJ, 1974. (UFRRJ)

ALMEIDA, R.V. – *Introdução ao Estudo da Fotogrametria e Fotointerpretação*, RJ, MEC-UFRRJ, 1977. (UFRRJ)

AVERBEOK, H. – *Manual de Fotointerpretação para solos*, Ministério da Agricultura, RJ, 1969. (INPE)

MARCHETTI, D.A.B. – *Fotogrametria e Fotointerpretação*, Piracicaba, ESALQ, 1964. (UFSC)

B. Item: periódicos

Notas:

As informações foram arroladas de duas formas:

- (1) questionário respondido por informantes de várias Universidades;
- (2) pesquisa bibliográfica direta.

Aquelas referente ao caso (1) possuem a sigla do principal informante ao final da notação, dentro do parêntese.

Como a grande maioria das informações do caso (1) traziam omissões referentes ao número das páginas em que o artigo se encontra, muitas das notações não incluem esta importante informação, dado que nem sempre foi possível o acesso direto àquelas publicações. Outras omissões presentes são devidas à mesma situação.

Ainda referente ao caso (1), existem omissões de varias ordens.

B.1 Série *Aerofotogeografia*: (publicação do Instituto de Geografia da USP, SP) (ordenação cronológica)

CRUZ, O. – Estudo geomorfológico da área de Cananéia, *Aerofotogeografia*, nº 01, 07 pp, 1966.

MODENESI, M.C. – Memória explicativa da carta geomorfológica da Ilha de Santo Amaro (SP), *Aerofotogeografia*, nº 02, 15 pp, 1969.

KELLER, E.C. de S. – Projeto do mapeamento da utilização da terra, *Aerofotogeografia*, nº 03, 16 pp, 1969.

CERON, A.O. – Mapeamento da utilização da terra na escala de 1 : 200.000, *Aerofotogeografia*, nº 04, 08 pp, 1969.

SILVA, A.C. da – O sítio urbano de São Sebastião: primeiros estudos, *Aerofotogeografia*, nº 05, 07 pp, 1971.

SOUZA COELHO, A.G. de – Fotografias aéreas verticais na classificação de terras agricultáveis, *Aerofotogeografia*, nº 06, 13 pp, 1971.

HOFFER, R.M. – Importância dos dados de verdade terrestre no sensoriamento remoto, *Aerofotogeografia*, nº 07, 19 pp, 1972.

SOUZA COELHO, A.G. de – Obtenção de dados quantitativos com o emprego de fotografias aéreas verticais (I), *Aerofotogeografia*, nº 08, 23 pp, 1972.

SOUZA COELHO, A.G. de – Estudo qualitativo da variável cor em dados obtidos por sensoriamento remoto, *Aerofotogeografia*, nº 09, 27 pp, 1972.

SOUZA COELHO, A.G. de – Ecologia e potencial de estudos com base nas modernas técnicas de sensoriamento remoto (I), *Aerofotogeografia*, nº 10, 23 pp, 1972.

SOUZA COELHO, A.G. de – Ecologia e potencial de estudos com base nas modernas técnicas de sensoriamento remoto (II), *Aerofotogeografia*, nº 11, 1972.

SOUZA COELHO, A.G. de – Ecologia e potencial de estudos com base nas modernas técnicas de sensoriamento remoto (III), *Aerofotogeografia*, nº 12, 47 pp, 1972.

OLIVEIRA, D. de A. e SOUZA COELHO, A.G. de – Estudos estatísticos sobre a variabilidade das cores em dados obtidos por sensoriamento remoto, *Aerofotogeografia*, nº 13, 15 pp, 1972.

- SOUZA COELHO, A.G. de - Inspeção e qualificação de aeroimagens para fotointerpretação, *Aerofotogeografia*, nº 14, 18 pp, 1972.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Uso potencial de sensores remotos na agricultura, *Aerofotogeografia*, nº 15, 18 pp, 1972.
- NOSSEIR, M.K. - Os meses adequados para operações de fotografia aérea no Brasil, *Aerofotogeografia*, nº 16, 07 pp, 1973.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Aerofotomosaicos: tipos, montagens e utilizações, *Aerofotogeografia*, nº 17, 15 pp, 1973.
- NOSSEIR, M.K. e PAULINI, A.E. - Estudo da cobertura florestal na região de Caieiras (SP), *Aerofotogeografia*, nº 18, 06 pp, 1973.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Obtenção de dados quantitativos com o emprego de fotografias aéreas verticais (II), *Aerofotogeografia*, nº 19, 31 pp, 1973.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Princípios da fotogrametria e dos aparelhos restituidores, *Aerofotogeografia*, nº 20, 35 pp, 1973.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Triangulação radial, *Aerofotogeografia*, nº 21, 29 pp, 1973.
- NOSSEIR, M.K. - Estudo comparativo entre imagens do SLAR e ERTS para avaliação dos recursos vegetativos naturais, *Aerofotogeografia*, nº 22, 12 pp, 1975.
- SOUZA COELHO, A.G. de - Conceituação de sensores remotos: históricos, teorias e aplicações, *Aerofotogeografia*, nº 23, 27 pp, 1976.
- FAGUNDES, P.M. - Estudo comparativo das extensas coberturas de imagens disponíveis no Brasil, *Aerofotogeografia*, nº 24, 13 pp, 1976.
- B.2. Boletim Geográfico: (publicação do IBGE, RJ) (ordenação alfabética)**
- BARROS, A.O.F.; Barros, L.F. - Simpósio de Fotografias Aéreas, *Boletim Geográfico*, RJ, 184: 95/121, 1965. (UFMG)
- BARROS, L.F. - Fotografias Aéreas, *Boletim Geográfico*, RJ, 178: 109/10, 1964. (UFMG)
- BORGONOV, M. - Estudo do uso da Terra por fotointerpretação do município de Andradina, no Estado de São Paulo, *Boletim Geográfico*, RJ, 191, 1966. (UEPJM)
- BRANDENBERGER, A.J. - A prática da aerotriangulação estereoscópica, *Boletim Geográfico*, RJ, 203, 1968. (UEPJM)
- BRANDENBERGER, A.J. - A significação Econômica da Exploração Cartográfica pela fotografia aérea, *Boletim Geográfico*, RJ, 206, 1968. (UEPJM)
- DANTAS, M.E.R. - Mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Cabuçu, através de fotografias aéreas, *Boletim Geográfico*, RJ, 203, 1968. (UEPJM)
- DOYLE, F.J. - Podem as fotografias tiradas de satélite contribuir para o mapeamento topográfico?, *Boletim Geográfico*, RJ, 33(240): 71-88, 1974. (UFAL)
- FAGUNDES, P.M. - Aplicações da fotografia aérea e sua adequada terminologia, *Boletim Geográfico*, RJ 204: 83/85, ano 27, 1968. (UEPJM)
- GODFREY, O.D. - Novas técnicas de Aerofotogrametria, *Boletim Geográfico*, RJ, 154: 30/40, 1960. (UFMG)
- LANGER, B. - Utilização dos dados altimétricos em mapeamentos, obtidos do aerolevanteamento radargramétrico em áreas do território nacional, *Boletim Geográfico*, RJ, 33(243): 140-145, 1974. (UFAL)
- LINDGREN, D.T. - Sistemas de Informação urbana e sensores remotos, *Boletim Geográfico*, RJ, 33 (240): 57-70, 1974. (UFAL)
- MAGALHÃES C. - Desenvolvimento da Aerofotogrametria..., *Boletim Geográfico*, RJ 158: 760/70, 1960. (UFMG)
- MORAES, R.L. - Contribuição à identificação de tipos de utilização da terra, através de fotografias aéreas, *Boletim Geográfico*, RJ, 204: 75/76, ano 27, 1968. (UEPJM)
- RUELLAN, F. - O levantamento direto e aerofotogramétrico de cartas geomorfológicas e seu interesse teórico e prático, *Boletim Geográfico*, 50: 151/154, ano 5, 1974.

- SCHMIDEFSKI, K. – Fotogrametria, *Boletim Geográfico*, RJ, 164: 628/29, 1961. (UFMG)
- ROSTON, R.J. – Fotografia Aérea: Utilização prática, *Boletim Geográfico*, RJ, 192: 366/67, 1966. (UFMG e UEPJMF)
- B.3. Boletim da USP: (publicação da USP, SP) (ordenação alfabética)**
- CERON, A.O. – Mapeamento da utilização da Terra na escala 1: 200.000, *Boletim da USP*, São Paulo, 4/1969. (UFMG)
- COELHO, A.G.S. – Ecologia e potencial de Estudos com base nas técnicas de Sensoriamento Remoto, *Boletim da USP*, SP, 10/1972. (UFMG)
- NOSSEIR, M.K. – Os meses adequados para operações de fotografias aéreas no Brasil, *Boletim da USP*, 16/1973, SP. (UFMG)
- B.4. Notícia Geomorfológica: (publicação do Departamento de Geografia da PUC-Campinas-SP) (ordenação alfabética)**
- PRADO, J.L. – O trabalho de campo na aerofotointerpretação, *Notícia Geomorfológica*, Campinas-SP, Vol. 09, nº 17, 1969. (UEPJMF)
- SEMMELMANN, F.R. – Tons de cinza na aerofoto e seu valor interpretativo, *Notícia Geomorfológica*, Campinas-SP, 7/8, ano IV, 1961. (UFMG)
- SOARES, P.C. e FIORI, A.P. – Lógica e Sistemática na análise e Interpretação de Fotografias Aéreas em Geologia, *Notícia Geomorfológica*, Campinas, SP, 16(32), 1976. (INPE)
- ZARUR, J. – Notas de Fotogeografia, *Notícia Geomorfológica*, Campinas, SP, 6/7, 1961. (UFC)
- ? Mapas geomorfológicos elaborados a partir de um sensor radar, *Notícia Geomorfológica*, Campinas, SP, nº 33. (UFAL)
- ? Uso de imagens ASTP na análise Hidrológica-Morfodinâmica de rios da Bacia Amazônica, *Notícia Geomorfológica*, Campinas, SP, nº 34. (UFAL)
- B.5. Outros**
- AB'SABER, A. – Sensibilidade das Fotografias Aéreas em Zonas Tropicais Úmidas, para efeito de fotointerpretação, *Revista Geográfica*, RJ, Instituto Pan-Americano de Geografia e História, Tomo 31, nº 57, 1962. (UEPJMF)
- ALMEIDA – Fotogrametria, método para avaliação das alturas das árvores. (FALM)
- ALMEIDA, R.V. – Vantagem da utilização da cunha de paralaxe, *Revista Agronomia*, 1968. (UFRRJ)
- ALMEIDA, R.V. – Método para avaliação das alturas das árvores, *Revista Agronomia*, 1967. (UFRRJ)
- AUDI, R. – Estudo da cultura canavieira na região de Piracicaba por Fotointerpretação, Partes I e II. (FALM)
- AUDI, R. et alii – Estudo por Fotointerpretação da Cultura da Bananeira no litoral Sul, Instituto Agronômico da Sec. Est. da Agricultura, Campinas, SP, 1964. (INPE)
- BARROS, F.C. – Fotoanálise ou Fotointerpretação, *Revista Mineração e Metalurgia*, 345, RJ, 1973. (UFMG)
- CARVALHO, W.A. e FRANÇA, G.V. – Fotointerpretação qualitativa das características dos padrões de drenagem de dois solos do Estado de São Paulo, *Boletim de Geografia Teórica*, Rio Claro, SP, vol. 08, nº 15, AGETEO, 1978. (UEPJMF)
- COELHO, A.G.S. – Fotointerpretação da eucaliptocultura e estudo de elementos para planejamento agrícola, Campinas, SP, *Boletim* nº 187, Instituto Agronômico, 1968. (UEPJMF)
- CRUZ, O. – Esquema de uma interpretação geomorfológica baseada em fotografia aérea para curso secundário, *Orientação nº 02*, São Paulo, IGE-USP, 1966. (UEPJMF)
- HANNS, J.C. – A ortofotografia, *Revista da Escola de Minas*, MG, 1973. (UAM)
- HEINSDIJK, D. – Interpretação Florestal de Fotografias aéreas, *Boletim nº 13 do Serviço Florestal de SURINAM*, 1953.

- LIMA – Fotointerpretação das praias do município de Fortaleza, Ceará. (FALM)
- LIANORAT, E. – Mapa geológico da Folha de Vitória, *Revista Mineração e Metalurgia*, RJ, 345, Set/73. (UFMG)
- SANTIAGO, A.C. e JUNIOR, H.L. – Noções de Fotointerpretação, Campinas, CATI. (UEPJM)
- SCHATAN – Uso da fotografia aérea como sistema de referência na amostragem para a previsão de safras. (FALM)
- TOLEDO, G.S. de – Aspectos de Geografia Urbana Paulista – Aerofotointerpretação, *Orientação nº 01*, São Paulo, IGE-USP, 1961. (UEPJM)
- B.6. Revista Brasileira de Cartografia** (publicação da Sociedade Brasileira de Cartografia, RJ) (ordenação cronológica)
- STUDNITZ, H.J.C.V. – A Ortofotografia, *Revista Brasileira de Cartografia*, 1: 08/10, ano 1, nov/1970.
- TATIAN, H. – Levantamento de áreas urbanas e suburbanas. Método Aerofototopográfico, *Revista Brasileira de Cartografia*, 2: 35, ano 2, mar/1971.
- Estudos sobre a aplicação de sensoriamento remoto na cafeicultura, *Revista Brasileira de Cartografia*, 3: 30/31, ano 2, jul/1971.
- ZAMORA, L.F.N. – Utilização de fotografias aéreas em estradas de rodagem, *Revista Brasileira de Cartografia*, 4: 18/21, ano 2, set/1971.
- Atividades do Serviço de Fotointerpretação do IBC-GERCA, *Revista Brasileira de Cartografia*, 6: 33/38, ano 3, mar/abr/1972.
- LEITE, J. de O. – Dificuldades climatológicas para fotografia aérea na região cacauceira da Bahia, *Revista Brasileira de Cartografia*, 8: 03/09, ano 3, set/dez/1972.
- LA PARRA, J.B.P. de – A fotointerpretação aplicação à Engenharia, traduzido por Nelson da Silva Campos, *Revista Brasileira de Cartografia*, 10: 04/07, ano 4, maio/jul/1973.
- COELHO, A.G. de S. – Uso potencial dos sensores remotos, *Revista Brasileira de Cartografia*, 10: 50/56, ano 4, maio/jul/1973.
- FAGUNDES, P.M. – Aplicação da Fotogrametria e da Fotointerpretação em projetos de irrigação, *Revista Brasileira de Cartografia*, 18: 14/17, ano 6, 197.
- GONÇALVES, M.R.R. – Experiência prática com ortofotomontagens no Rio Grande do Sul, *Revista Brasileira de Cartografia*, 21: 13/21, ano, 1978.
- FILHO, R.X. – Tentativa de aplicação da técnica de pictomapas às ortofotocartas, *Revista Brasileira de Cartografia*, 22: 63/64, ano, dez/1978.
- MARCHETTI, D. e GARCIA, G. – Fotografias aéreas e seus aspectos quantitativos para a fopedologia, *Revista Brasileira de Cartografia*, 25: 27/30, ano, 1980.
- VIEIRA, A.C. – Processos e utilização de imagens de sensoriamento remoto em geologia, *Revista Brasileira de Cartografia*, 30: 15/19, ano, set/1981.
- B.7. Revista Brasileira de Geografia**: (publicação do IBGE, RJ) (ordenação alfabética)
- AZEVEDO L.G. e PINTO, J.V. – Contribuição à Metodologia do Mapeamento da Vegetação do Brasil, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 3: 3/10, ano 30, 1968.
- BIANCHI, F. – Considerações sobre o levantamento de áreas extensas pela fotogrametria aérea, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 4: 771/790, ano 4, 1942.
- BORGONOV, M. e CHIARINI, J.V. – Cobertura Vegetal do Estado de São Paulo: levantamento por fotointerpretação, *Revista Brasileira de Geografia*, 3: 39/50, ano 30, 1968.
- CAVALCANTI, B.A.A. – Comunicação sobre aparelhos de estereofotogrametria do Serviço geográfico do Exército, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 3: 349/363, ano 6, 1944.
- CESAR, H.X.L. – Soluções gráficas na cartografia de fenômenos quantitativos, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 1: 123/142, nº 1, 1977.
- CRASTRO, T. de S. – Reconhecimento de Capturas através de Fotografias aéreas, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 4: 22/37, ano 30, 1968. (INPE e UEPJM)

- CRASTRO, T. de S. – A importância do critério de drenagem na interpretação de fotografias aéreas, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 4: 38/396, ano 28, 1966. (UEPJM)
- CUNHA, E.S. – Contribuição da aerofotogrametria na Pesquisa dos Sambaquis de Vitória-ES, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 2: 117/119, ano 30, 1968. (UFC)
- DINIZ, J.A.F. e CERON, A.O. – O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 2: 161/173, ano 28, 1966.
- _____. LASA – Levantamentos aerofotogramétricos, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 1: 116/125, ano 24, 1962.
- LIBAUT, A. – Aparelho de Ensino da Fotogrametria, *Revista Brasileira de Geografia*, RJ, 2: 120/122, ano 30, 1968.

C. ITEM: apostilas

Notas:

A maioria das informações abaixo foram coletadas nos questionários enviados às várias universidades. Dentro dos parênteses, que se encontram ao final da notação, estão as siglas dos informantes;

Nem sempre o informante forneceu, com clareza, os dados referentes aos editores; tampouco foi informado o número de páginas de cada apostila; assim, existem omissões.

- ALMEIDA, R.V. – “Critérios para Fotointerpretação”, RJ, UFRRJ, 1969. (UFRRJ)
- ALMEIDA, R.V. – “Fotogrametria”, RJ, UFRRJ, 1968. (UFRRJ)
- ALMEIDA, R.V. – “Fotointerpretação de Vegetação”, RJ, UFRRJ, 1972. (UFRRJ)
- ALMEIDA, R.V. – “Fotointerpretação Florestal” RJ, UFRRJ, 1970. (UFRRJ)
- ANAIS do 7º Congresso Brasileiro de Cartografia – Comissões Técnicas 3 e 6, e Painel 3, Sociedade Brasileira de Cartografia, São Paulo, 1975.
- ANAIS da XI Semana de Estudos de Fotografias, Aéreas Aplicações Técnicas, SICEG – Escola de Minas de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 1972.
- CARNEIRO, C.M.R. – “Curso de Fotointerpretação”, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- COMPASSO, H.R. – “Dispositivo para observação estereoscópica à vista desarmada”, PE, UFPE, 1973. (UFPE)
- COMPASSO, H.R. – “Paralaxe Estereoscópica”, PE, UFPE, 1976. (UFPE)
- COMPASSO, H.R. – “Técnicas de Transferência”, PE, UFPE, 1977. (UFPE)
- DALMOLIN, Q. – “Princípios de Fotointerpretação”, PR, UFPR, volumes 1 e 2, 1977. (UFMA)
- DILLEWIJN, F.J.V., ANDRADE, J.B., MACHADO S. do A. – “Curso de Inventário Florestal”, UFPR. (UFMA)
- _____. “Cobertura Aerofotográfica do Estado de São Paulo”, Instituto Agronômico de Campinas, SP. (UEPJM)
- MAIA, J.C. – “Introdução à Fotogrametria”, INPE-CNPq, São José dos Campos, São Paulo, SP, 1975.
- MAFFI, C. – “Interpretação Fotogeológica”, Programa de textos didáticos da UFBA, 1978. (UAM)
- _____. Mapeamento Geomorfológico através de imagens LANDSAT, Deptº de Sensoriamento Remoto de Recursos Terrestres – INPE. (UFAL)

- MONTEIRO, M.F. e SILVA, T.C. – “Aspectos Fluviais importantes para a Fotointerpretação”, Núcleo de Recursos Didáticos da UFBA, Salvador, Ba. 1972.
- OTTO, A.M. de S. – “Cartografia e Fisiografia”, parte II: Fotointerpretação, Instituto Politécnico de Vila Real, Vila Real, 1975.
- POLETANO, W. – “Aerofotogrametria e Fotointerpretação, Jaboticabal, São Paulo. (UEPJM)
- RIVEREAU, J.C. – “Curso de Fotointerpretação”, PR, CCGP, 1969. (UFRPE)
- ROCHA, J.S.M. da e CARNEIRO, C.M.R. – “Mosaicos Aerofotogramétricos”, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1975.
- ROLFF, P.A.M.A. – “Notas Retiradas do Curso de Aerofotogeologia”, Escola de Minas de Ouro Preto, Minas Gerais, 1961. (UAM)
- SEIXAS, J.J. – “Geometria das Fotografias – Fórmulas Fundamentais”, Departamento de Engenharia Cartográfica, UFPe, 1978.
- SANCHEZ, M.C. – “Aerofotogrametria para Cursos de Geografia e Ecologia”, Rio Claro, SP.
- SANCHEZ, M.C. – “Fatores-guia para Fotointerpretação”, Rio Claro, São Paulo. (UEPJM)
- SANCHEZ, M.C. “Subsídios para Fotoanálise”, Rio Claro, São Paulo. (UEPJM)
- _____ “Curso de Sensoriamento Remoto”, FEMAR; Sensora, 1979. (UFMG)
- _____ “Significação da Rede de drenagem na Fotointerpretação”, UFBA. (UFAL)
- Vários autores – “Elementos de Fotointerpretação”, UFPE, 1969. (UFUB)
- Vários autores – “Noções de Fotointerpretação aplicada à geologia de Engenharia”, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo. (UFUB)

LISTAGEM DOS INFORMANTES

- Notas: (1) A relação transcrita abaixo contem os nomes das instituições universitárias que responderam aos questionários enviados pela autora, dos quais foram retiradas as informações incluídas no relatório final;
- (2) Cada informante foi codificado através das letras iniciais de seu nome; o código resultante foi utilizado no item BIBLIOGRAFIA INDICADA.

Código	Nome da instituição
--------	---------------------

FALM	Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP
UAM	Universidade do Amazonas, Manaus, AM
UEPJM	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campi de Presidente Prudente e Rio Claro, SP
UFAL	Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL
UFC	Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE
UFMA	Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC
UFMS	Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS
UFUB	Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG
USP	Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Apêndice 3

Índice de Assuntos de Obras em Português

Alcyone V.R. Saliba

Como continuação do levantamento incluído no Apêndice 2, foi elaborado um ÍNDICE DE ASSUNTOS DE OBRAS EM PORTUGUÊS, aqui transcrito. O objetivo é fornecer uma listagem dos principais temas de interesse para fotointérpretes, indicando ainda os códigos das obras em português que os desenvolvem. A escolha das obras esteve a critério da autora.

LISTAGEM DOS LIVROS INDEXADOS POR ASSUNTO

CÓDIGO	Obra indexada
PSA	Anderson, P.S. — <i>Fundamentos para Fotointerpretação</i> , Sociedade Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, RJ, 1982.
LIB	Libaut, A. — <i>Geocartografia</i> , parte I — cap. 2 e parte X — capítulo único, Editora Nacional — Editora USP, São Paulo, SP, 1975.
MG	Marchetti, D.A.B. e Garcia, G.J. — <i>Princípios de Fotogrametria e Fotointerpretação</i> , Nobel, São Paulo, SP, 1977.
RAY	Ray, R.G. — <i>Fotografias Aéreas na Interpretação e Mapeamento Geológico</i> , volumes 1 e 2, tradução e edição pelo Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, SP, 1963.
RP	Ricci, M. e Petri, S. — <i>Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica</i> , Ed. Nacional, São Paulo, SP, 1965.
STP	Petri, S. et alli — <i>Estratigrafia e Sedimentologia, Geologia Estrutural e Aerofotogeologia</i> , Instituto Nacional do Livro, Brasília, 1972.

Nota: O presente índice não é exaustivo; seu objetivo é fornecer ao usuário uma orientação generalizada.

Acuidade Estereoscópica. . . . RP, STP, MG, PSA
 Adernamento. . . . Ver Inclinação
 Aerobase. . . . RP, STP, RAY, PSA
 Aerosketchmaster. . . . Ver Câmara Clara
 Anaglifo. . . . RP, LIB, MG, STP, RAY
 Alinhamento de Fotografias Aéreas. . . . Ver Orientação de Fotografias Aéreas
 Altura de Vôo. . . . STP, RAY, MG, LIB, RP, PSA
 Altura dos Objetos. . . . RAY, MG, STP, RP, LIB, PSA
 Anotações nas Fotografias. . . . RP, PSA

Aspectos Associados. . . . RAY, MG, RP, PSA
 Azimute. . . . RP, STP

Barra de Paralaxe. . . . LIB, MG, RAY, RP
 Base Ocular. . . . Ver Distância Interpupilar

Calco. . . . Ver Plástico Transparente
 Câmara Aerofotográfica. . . . RP, MG, LIB, RAY, PSA
 Câmara Clara. . . . LIB, RP, RAY, MG
 Câmaras Aerofotográficas Múltiplas. . . . RP, MG

- Características do Fotointérprete. . . . MG, PSA
 Centro da Fotografia. . . . Ver Ponto Principal
 Centro Ótico. . . . Ver Geometria da Fotografia
 Chaves de Fotointerpretação. . . . MG, PSA
 Classificação de Câmaras Aerofotográficas. . . . Ver Câmara Aerofotográfica
 Classificação de Fotografias. . . . MG, RAY, PSA, RP, STP
 Cobertura Fotográfica. . . . Ver Vão Aerofotográfico
 Confecção de Mapas. . . . STP, LIB, RP, RAY
 Convergência de Evidências. . . . Ver Aspectos Associados
 Cor Fotográfica. . . . Ver Tonalidade Fotográfica
 "Crab". . . . Ver Desvio e Deriva
 Cunha de Paralaxe. . . . RP, RAY
 Curvas de Forma. . . . RP, STP, MG, LIB, RAY
- Defeitos da Vista. . . . RP, STP
 Deriva. . . . RP, LIB, MG, RAY, PSA
 Deslocamento Radial. . . . RAY, MG, LIB, RP, STP, PSA
 Deslocamento Devido ao Relevô. . . . Ver Deslocamento Radial
 Desvio. . . . MG, RP, PSA
 Diferença de Paralaxe. . . . Ver Paralaxe Diferencial
 Diferenças entre Fotografias e Mapas. . . . STP, LIB, RP, PSA
 Distância Focal. . . . STP, RP, RAY, MG, LIB, PSA
 Distância Interpupilar. . . . RP, MG, PSA
 Distorções do Estereomodelo. . . . STP, RAY, MG, RP, PSA
 Drenagem. . . . Ver Padrão de Drenagem
 "Drift". . . . Ver Deriva
- Eixo Ótico Principal. . . . Ver Geometria da Fotografia Aérea
 Espectro Eletromagnético. . . . MG, RAY
 Elementos de Reconhecimento. . . . RAY, MG, RP, PSA
 Escala Fotográfica. . . . RP, RAY, MG, LIB, STP, PSA
 Estação de Exposição. . . . PSA, MG, LIB, RP
 Estatoscópico. . . . RP
 Estereobase. . . . RP, STP, MG, LIB, PSA
 Estereograma. . . . RP, STP, MG, PSA
 Estereomicrômetro. . . . Ver Barra de Paralaxe
 Estereomodelo ou Estereopar. . . . Ver Modelo Estereoscópico
 Estereoplotadores. . . . Ver Restituidores
 Estereoscopia. . . . RP, MG, LIB, STP, RAY, PSA
 Estereoscopia com Anaglifos. . . . Ver Anaglifo
 Estereoscopia com Luz Polarizada. . . . RP, STP, LIB, MG
 Estereoscópio de Bolso. . . . RP, RAY, MG, LIB, PSA
 Estereoscópio de Espelho ou de Reflexão. . . . STP, RP, RAY, MG, LIB, PSA
 Estereoscópio de Lentes Simples ou de Refração. . . . Ver Estereoscópio de Bolso
 Estereotopo. . . . Ver Restituidores
 Estereovisão. . . . Ver Estereoscopia
 Estereotriangulação. . . . RP
 Etapas da Fotointerpretação. . . . PSA, MG
 Exagero Vertical. . . . STP, RP, RAY, MG, PSA
- Faixa de Fotografias. . . . Ver Vão Aerofotográfico
 Fatores-guia. . . . Ver Elementos de Reconhecimento
 Filme Fotográfico. . . . RP, RAY, MG, LIB
 Filtros. . . . RP, MG, RAY
 Forma dos Objetos Fotografados. . . . RAY, MG, RP, STP, PSA
 Fotobase. . . . RP, STP, RAY, MG, PSA
 Fotogeologia. . . . RP, RAY, MG, STP
 Fotografia Aérea Vertical. . . . STP, RP, RAY, MG, PSA, LIB
 Fotografia Aérea Composta. . . . RP, MG
 Fotografia Aérea Oblíqua. . . . STP, RP, RAY, MG, PSA
 Fotograma. . . . Ver Fotoíndice
 Fotoíndice. . . . STP, RP, PSA
 Fotointerpretação Aplicada. . . . RAY, MG, STP, RP
 Fotointerpretação Aplicada a Geologia. . . . RP, RAY, MG, STP
 Fotointerpretação Aplicada a Solos. . . . MG
 Fotointerpretação Aplicada a Vegetação. . . . MG
 Fotointerpretação Aplicada a Engenharia. . . . MG
 Fotomosaico. . . . Ver Mosaico
 Fusão Estereoscópica. . . . Ver Estereoscopia
- Geometria da Fotografia Aérea. . . . RAY, MG, LIB, RP, STP, PSA
 Glossário. . . . RP, MG
 Guias Botânicos. . . . RAY, MG
 Guias Estruturais. . . . RAY, MG
 Guias Fisiográficos. . . . RAY, MG
 Guias Litológicas. . . . STP
- Histórico da Fotointerpretação/Fotogrametria. . . . MG, PSA
- Imagem Homóloga. . . . Ver Ponto Homólogo
 Imagem Tridimensional. . . . Ver Estereoscopia
 Inclinação. . . . RP, RAY, MG, LIB, PSA
 Instrumentos para Medição de Paralaxe. . . . RP, MG, LIB, RAY, PSA
 Intervalômetro. . . . RP, MG
 Isocentro. . . . RP, PSA, MG
- Lápis Vidrográfico. . . . RP, PSA
 Lentes da Câmara Aerofotográfica. . . . Ver Câmara Aerofotográfica
 Linha de Vão. . . . MG, STP, RP, LIB, RAY, PSA
 Lupa Micrométrica. . . . RP
- Mapa-base. . . . RAY, MG, LIB, STP, RP
 Mapa-índice. . . . Ver Fotoíndice
 Marca Flutuante. . . . RP, STP, MG, RAY, PSA
 Marcas de Colimação. . . . Ver Marca Fiducial
 Marca Fiducial. . . . RP, STP, MG, LIB, PSA
 Medições Gradimétricas. . . . RAY
 Medições Paraláticas. . . . RAY, MG, STP, RP, LIB, PSA
 Medições Planimétricas. . . . MG, RP
 Medições Verticais. . . . RAY, MG, STP, LIB, RP, PSA
 Modelo Estereoscópico. . . . RP, STP, MG, LIB, RAY, PSA
 Mosaico. . . . RP, STP, MG, LIB, RAY
 Nadir. . . . Ver Ponto Nadir
 Negativo. . . . RP, LIB, RAY, MG, PSA
- Objetiva da Câmara Aerofotográfica. . . . Ver Câmara Aerofotográfica
 Orientação de Fotografias Aéreas. . . . STP, MG, RP, RAY, LIB, PSA
 Ortofotografia. . . . RAY, MG, LIB
 "Overlay". . . . Ver Plástico Transparente
 "Overlap". . . . Ver Recobrimento Longitudinal
- Padrão. . . . RAY, MG, RP, PSA
 Padrão de Drenagem. . . . RP, STP, MG, PSA
 Pantógrafos. . . . RP
 Paralaxe. . . . RP, RAY, MG, STP, LIB, PSA
 Paralaxe Absoluta. . . . Ver, Paralaxe
 Paralaxe Diferencial. . . . Ver Paralaxe
 Paralaxe Horizontal ou em X. . . . Ver Paralaxe
 Paralaxe Linear. . . . Ver Paralaxe
 Paralaxe Vertical ou em Y. . . . RP, LIB, MG, PSA
 Par Estereoscópico. . . . Ver Modelo Estereoscópico
 Plano do Negativo. . . . Ver Negativo
 Plástico Transparente. . . . RP, STP, LIB, MG, PSA
 Ponto de Prumo. . . . Ver Ponto Nadir
 Pontos Homólogos. . . . RP, LIB, RAY, MG, STP, PSA
 Ponto Nadir. . . . STP, RP, LIB, RAY, MG, PSA
 Ponto Principal. . . . RP, STP, LIB, RAY, MG, PSA
 Processamento Fotográfico. . . . MG, RP
 Projeção Central. . . . RP, PSA
 Projeção Ortogonal. . . . RP, PSA
 Pseudomodelo. . . . Ver Pseudoscopia
 Pseudoscopia. . . . RP, STP, RAY, MG, PSA
- Reambulação. . . . LIB
 Recobrimento Lateral ("Sidelp"). . . . RP, MG, LIB, STP, PSA
 Recobrimento Longitudinal ("Overlap"). . . . RP, MG, LIB, STP, PSA
 Reconhecimento de Campo. . . . MG

Retificação da Fotografia Aérea. . . LIB, RP
Restituição. . . RP, MG, LIB, STP, RAY
Restituídor. . . LIB, RAY, MG, RP, STP

“Sidelp”. . . Ver Recobrimento Lateral
Sketchmaster. . . Ver Câmara Clara
Sensoriamento Remoto. . . MG
Sombras. . . RAY, MG, PSA
“Swing”. . . Ver Deriva

Tabela de Conversão do Exagero Vertical. . . RP, RAY
Tamanho do Negativo. . . Ver Negativo
Tamanho dos Objetos Fotografados. . . RAY, MG, PSA
Telefoto. . . RP

“Templet”. . . Ver Plástico Transparente
Testes de Visão Estereoscópica. . . MG, PSA
Terceira Dimensão. . . Ver Estereoscopia
Textura Fotográfica. . . RP, RAY, MG, STP, PSA
“Tilt”. . . Ver Inclinação
“Tip”. . . Ver Inclinação
Tonalidade Fotográfica. . . RP, RAY, MG, STP, PSA
Triangulação. . . RAY, MG, LIB, RP
Triangulação Radial Gráfica. . . MG, LIB, RP
Trimetrogon. . . RP, MG

Visão Estereoscópica. . . Ver Estereoscopia
Vôo Aerofotográfico. . . STP, MG, RP, LIB, PSA

Dados Bibliográficos dos Autores Contribuintes

Paul S. Anderson é professor de Cartografia e Fotointerpretação no Departamento de Geografia e História da Universidade de Brasília. Chegou ao Brasil em 1977, junto com sua esposa, que é brasileira, depois de fazer seu doutoramento (Ph. D.) na Austrália e sua especialização no Centro Interamericano de Fotointerpretação (CIAF) em Bogotá, Colômbia. Ele é autor de vários outros trabalhos publicados. Sendo um entusiasta do ensino individualizado à distância (como a "Universidade Aberta"), ele já ofereceu três vezes um curso de fotointerpretação à distância, baseado na edição preliminar deste livro *Fundamentos*, complementado por um *Guia de Estudos e Práticas*.

A.P.A. Vink é professor da área de pedologia no International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), 350 – Boulevard 1945, 7511 AL Enschede, Holanda.

H. Th. Verstappen é professor titular e chefe do Departamento de Geomorfologia do ITC na Holanda. Ele começou sua carreira acadêmica na Indonésia em 1949, e se transferiu para o ITC em 1957.

D.A. Boon também é professor e pesquisador do ITC, e concentra suas atividades na fotointerpretação de florestas.

Antonio Jorge Ribeiro, formado em Engenharia Cartográfica no Instituto Militar de Engenharia (IME) do Rio de Janeiro, é Ten. Coronel e professor no Colégio Militar de Brasília, DF. Antes, ele foi instrutor e diretor do curso de fotointerpretação da Escola de Instrução Especializada do Exército Brasileiro, no Rio de Janeiro.

Alcyone V. R. Saliba é bacharel em Geografia pela Universidade de Brasília, onde trabalha e pesquisa com o Dr. Anderson desde 1978, tendo se graduado em 1980. Iniciou os seus estudos de pós-graduação – nível mestrado – em 1982 na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – campus de Rio Claro, SP.

Noeli Vettori Anderson, tradutora dos capítulos 2 e 3 para este livro, é brasileira e formada em geografia na University of New England, Armidale, N.S.W., Austrália.

Índice Remissivo

- acuidade estereoscópica. . . . 8, 78
adjacências. . . . 28, 41-47-49
aerobase. . . . 59
alinhamento de fotografias aéreas. . . . 67-73
altitude de vôo. . . . 90, 98
altura de objetos ("h"). . . . 104-109-110
altura de vôo ("H"). . . . 87-91
ampliação e redução. . . . 89
análise (delineamento). . . . 10, 14, 16, 36
anotações interpretativas. . . . (ver "overlay")
anotações marginais. . . . 3, 80-81
aspectos associados. . . . (ver adjacências)
- barra de paralaxe. . . . 66, 112
bibliografia. . . . 119-126
- "c". . . . (ver distância principal)
câmara aerofotográfica. . . . 4, 11, 34, 55, 87-89, 94-95
características do fotointérprete. . . . (ver fotointérprete, características do)
cartografia topográfica. . . . 9-13, 19, 34
centro da fotografia. . . . (ver ponto principal)
centro ótico. . . . 87
chaves de fotointerpretação. . . . 8, 9
classificação. . . . 14, 16-19, 36
cobertura fotográfica. . . . (ver vôo aerofotográfico)
conservação de fotografias aéreas e equipamentos. . . . 85-86
convergência de evidência. . . . (ver adjacências)
coordenadas milimétricas (CMM). . . . 81 - 83
coordenadas "QDP". . . . 83-84
cor fotográfica. . . . (ver tonalidade fotográfica)
"crab". . . . (ver desvio e deriva)
cunha de paralaxe. . . . 112
- declividade. . . . 41, 46
dedução. . . . 14, 16, 36
delineamento. . . . (ver análise)
densidade. . . . 28, 41, 45
deriva. . . . 60-61
deslocamento radial (devido ao relevo). . . . 95-98
desvio. . . . 60-61
detecção. . . . 11, 14, 36
diferença de paralaxe. . . . (ver paralaxe, diferença de)
diferenças entre fotografias e mapas. . . . 88
distância focal ("f"). . . . 87-91
distância interpupilar. . . . 55-57, 67-68
distância principal ("c"). . . . 87
distorções do estereomodelo. . . . 67-72
"dp". . . . (ver diferença de paralaxe)
drenagem. . . . (ver padrão de drenagem)
"drift". . . . (ver deriva)
- eixo ótico. . . . 87-88
eixos "X", "Y" e "Z". . . . 59, 68, 101-102
elementos de reconhecimento. . . . 28, 41-49
elementos sendo interpretados. . . . 14, 18, 29
escala. . . . 90-95
escala, classificação de. . . . 93
escala, influência da câmara. . . . 94-95
escala, variação com altura. . . . 92-93
estação de exposição. . . . 55-63
estereobase. . . . 66
estereograma. . . . 67-70
estereogramas (exemplos neste livro). . . . 5, 15, 68, 73, 74, 75, 107, 108, 113
estereomodelo ou estereopar. . . . (ver modelo estereoscópico)
- estereoscopia. . . . (ver visão estereoscópica)
estereoscópico. . . . 34, 64-66, 76
estereoscópio de bolso. . . . (ver estereoscópio de lentes simples)
- estereoscópio de espelho. . . . 65-66
estereoscópio de lentes simples. . . . 64-65
estereoscópio dual. . . . 76
etapas da fotointerpretação. . . . 27-29
exagero vertical. . . . 73, 75, 80
- "f". . . . ver distância focal
faixa de fotografias. . . . (ver vôo aerofotográfico)
fatores-guia. . . . (ver elementos de reconhecimento)
filme. . . . 32-34
forma dos objetos fotografados. . . . 28, 41-42
fotobase. . . . 59, 105
fotografias, qualidade da. . . . 11, 13, 80
fotografias, classificação de. . . . 77
fotografia aérea. . . . 77-80
fotografia aérea oblíqua. . . . 77-79
fotografia aérea, vantagens. . . . 78, 80
fotografia aérea vertical. . . . 77-80
fotogrametria. . . . 2, 4, 9, 34, 87-98, 102-111
fotoíndice. . . . 61-64
fotointerpretação aplicada. . . . 40
fotointerpretação correlativa (indireta). . . . 7, 9, 14, 16
fotointerpretação, definição. . . . 1, 17, 31
fotointerpretação direta. . . . 7, 8, 14
fotointerpretação, estágios da. . . . 14-19, 35-36
fotointerpretação militar. . . . 4, 6, 8, 9, 32
fotointerpretação, métodos iniciais. . . . 51-53
fotointerpretação, níveis de. . . . 1, 2, 6, 19-27, 35, 115
fotointerpretação, passos iniciais. . . . 51-53
fotointerpretação sistemática. . . . 27-29, 31-32, 35, 39-40
fotointerpretação topográfica. . . . 9-11
fotointerpretação vs. fotogrametria. . . . 2, 9-11
fotointérprete, características do. . . . 35, 49, 51
foto-leitura. . . . 16
fusão mental estereoscópica. . . . 55
- geometria da fotografia aérea vertical. . . . 87-98, 102-111
geomorfologia. . . . 8, 35, 42-45
- "H". . . . (ver altura de vôo)
"h". . . . (ver altura de objeto)
histórico da fotointerpretação/fotogrametria. . . . 4, 5
homólogos. . . . (ver imagens homólogas)
- idealização. . . . 14, 19, 35
identificação. . . . (ver reconhecimento)
imagens homólogas. . . . 57-58, 67-68, 70, 72, 86
inclinação ("tilt"). . . . 60, 77-78, 88
índice. . . . (ver fotoíndice)
instrumentos para medição de paralaxe. . . . 114
investigação de campo. . . . 8, 10, 18, 31, 38, 39
isocentro. . . . 88
- lápiz (dermatográfico; - cera; hidrográfico). . . . 70, 85-86
lentes da câmara. . . . (ver câmara aerofotográfica)
linha de vôo. . . . 58, 70, 86
- manutenção. . . . (ver conservação)
mapa/mapeamento. . . . 9, 13, 19, 84-85
marca fiducial (de colimação). . . . 52-53, 81, 87-88
marca flutuante. . . . 112

- margens, informação nas. . . (ver anotações marginais)
 medição de paralaxe. . . (ver paralaxe, medição de)
 metodologia. . . 14-19, 28-29, 31-32, 38, 39-40, 51-53
 metodologia, com uma fotografia. . . 63
 metodologia, passos iniciais. . . 51-53
 modelo estereoscópico. . . 67-73
 mosaico. . . 61-62
- nadir. . . (ver ponto nadir)
 níveis de formação. . . (ver fotointerpretação, níveis de)
 número da fotografia. . . 80-82
- objetos sendo interpretados. . . 14, 18
 orientação de fotografias com mapas. . . 84-85
 orientação de pares estereoscópicos. . . (ver alinhamento)
 "overlay". . . 52
- "P_a". . . (ver paralaxe absoluta)
 padrão. . . 28, 41, 42-45
 padrão de drenagem. . . 42-45
 paralaxe. . . 99-109
 paralaxe absoluta. . . 104-105, 109
 paralaxe, diferença de. . . 104, 106-108
 paralaxe em "X" e "Y". . . 101-102
 paralaxe, medição de. . . 106-112
 paralaxe normal. . . 99
 "parlor stereoscope". . . 5
 pedologia. . . 18, 24+26, 29
 plano do negativo. . . 87-89
 plano epipolar. . . 101
 ponto de prumo. . . (ver ponto nadir)
 ponto homólogo. . . (ver imagens homólogas)
- ponto nadir ("N"). . . 88-91, 97-98
 ponto principal ("pp"). . . 58, 70-72, 85-86, 88-90, 102-105
 posição. . . 28, 41, 47
 projeção central (ou cônica) de fotografias. . . 88
 projeção ortogonal de mapas. . . 88
 pseudoscopia. . . 72-75
- recobrimento lateral. . . 60
 recobrimento longitudinal. . . 58-60, 70
 reconhecimento de campo. . . (ver investigação de campo)
 reconhecimento ("identificação"). . . 10, 14, 16, 35
- sensoriamento remoto. . . 1, 6, 32, 37
 sombras. . . 28, 41, 47-48
- tamanho dos objetos fotografados. . . 28, 41, 46-47
 técnicas de interpretação (geral). . . 26-27
 testes de visão estereoscópica. . . 67-68
- textura fotográfica. . . 28, 41, 46
 tonalidade fotográfica. . . 28, 41
- vegetação. . . 8, 36
 verdade terrestre. . . (ver investigação de campo)
 visão convergente, paralela ou divergente. . . 56-57, 69
 visão, cuidado dos olhos. . . 74-75
 visão dupla. . . 100-101
 visão estereoscópica. . . 1, 55-76, 67
 visibilidade (detecção). . . 7
 vôo aerofotográfico. . . 55-60

Aviso:

Informações sobre o Plano de Publicações

O livro *Fundamentos para Fotointerpretação* é a primeira obra de uma série de publicações. Aqueles interessados em cartografia e fotointerpretação (indivíduos, bibliotecas, órgãos públicos, etc.) podem receber todos os livros da série, assim que estejam impressos, com um desconto de, pelo menos, 20%, se enviarem um pedido de reserva (modelo anexo) ao Prof. Anderson. O respectivo pagamento deverá ser efetuado somente na época do lançamento de cada volume, através do reembolso postal. É possível entrar ou sair da *lista de reserva* em qualquer época, porém o desconto é oferecido apenas para aqueles que nela estiverem incluídos na semana da impressão de cada publicação. Em estilo e preço, cada volume provavelmente será semelhante ao presente livro. Também, é provável que a Editora será a Sociedade Brasileira de Cartografia.

Observação: Professores, órgãos e outros que comprarem dez ou mais cópias podem obter descontos, de acordo com as quantidades solicitadas, em qualquer época.

Textos de Cartografia e Fotointerpretação (listagem sujeita a modificações)

A – Série Fotointerpretação

- 1 – *Fundamentos para Fotointerpretação*
- 2 – *Técnicas para Fotointerpretação*
- 3 – *Bases de Sensoriamento Remoto*
Aplicação da Fotointerpretação em:
- 4 – *Geologia e Geomorfologia*
- 5 – *Engenharia Florestal e Ecologia*
- 6 – *Geografia Humana, Urbanismo e Planejamento*
- 7 – Outras disciplinas.

B – Série Cartografia

- 1 – *Princípios de Cartografia Básica*
- 2 – *Princípios de Cartografia Topográfica*
- 3 – *Princípios de Cartografia Temática*
- 4 – *Princípios de Cartografia Especial*
- 5 – *Coleção de Cartas Topográficas Brasileiras.* (avulsas e encadernadas).

C – Série Materiais Especiais para o Ensino

- 1 – *Guias e Práticas* (vários)
- 2 – *Pacote de Apoios para Professores*
- 3 – *Coleção de Fotografias Aéreas Brasileiras*
- 4 – *Estereoscópios*
- 5 – *Instrumentos de Precisão para Fotointerpretação e Cartografia* (Planímetro de pontos; ábacos; cunha de paralaxe; etc).

Os textos são brasileiros, e não simples traduções de livros estrangeiros. As partes traduzidas foram adaptadas (com a permissão dos autores) à realidade nacional, as quais incluem exemplos brasileiros. Os textos de fotointerpretação incluem material do ITC da Holanda, um dos melhores institutos de pesquisa do mundo; os de cartografia incluem totalmente a tradução do livro *Maps, Distortion and Meaning*, escrito por Mark S. Monmonier especialmente para alunos principiantes na cartografia.

Em todos os livros-textos existem partes inéditas em português. Eles estão escritos ao nível de alunos universitários iniciantes nos estudos de fotointerpretação e de cartografia.

A publicação de um *Guia de Estudo* para cada livro está em andamento; esses muito contribuirão para o aproveitamento mais adequado dos livros-textos por professores e alunos auto-didatas ou à distância.

Enviar a ficha de reserva (ou pedido de informações) anexa a um dos seguintes endereços:

1. Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC)
Rua México, 42 – Grupo 706
Rio de Janeiro
20.031 RJ.
2. Prof. Paul S. Anderson, Ph. D.
a/c Dept^o de Geografia e História
Universidade de Brasília
70910 – Brasília, DF.

FICHA DE RESERVA

(FAVOR ESCREVER EM LETRA DE FORMA)

Nome: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP: _____

Data: ____ / ____ / ____ _____
Assinatura

Sou professor

Instituição onde leciona: _____

Matéria(s): _____ Nº de alunos por ano _____

Desejo outras informações:

(descrição: _____)

SIM, assumo a reserva das obras por mim assinaladas na lista abaixo, que pagarei na época do recebimento, através do reembolso postal, ao preço de pré-lançamento.

Número de *Todas as Séries de publicações: Fotointerpretação, Cartografia e Exemplares Materiais Especiais*

A – Série Fotointerpretação

- _____ Fundamentos para Fotointerpretação (Já publicado, portanto não mais faz jus ao preço de pré-lançamento; o pedido será atendido ao preço normal)
- _____ Técnicas para Fotointerpretação.
- _____ Bases de Sensoriamento.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Geologia e Geomorfologia.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Engenharia Florestal e Ecologia.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Geografia Humana, Urbanismo e Planejamento.

B – Série Cartografia

- _____ Princípios de Cartografia Básica.
- _____ Princípios de Cartografia Topográfica.
- _____ Princípios de Cartografia Temática.
- _____ Princípios de Cartografia Especial.
- _____ Coleção de Cartas Topográficas Brasileiras (avulsas e encadernadas)

C – Série Materiais Especiais para o Ensino

- _____ Guias e Práticas (vários).
- _____ Pacote de Apoio para Professores.
- _____ Coleção de Fotografias Aéreas Brasileiras.
- _____ Estereoscópios.
- _____ Instrumentos de Precisão para Fotointerpretação e Cartografia (planímetro de pontos, ábacos, cunha de paralaxe, etc.).

Esta Ficha

Assinar e Enviar para um dos seguintes endereços:

1. Sociedade B. de Cartografia (SBC)
Rua México, 42 – Grupo 706
Rio de Janeiro, RJ.
CEP: 20.031

2. Prof. Paul S. Anderson
a/c Deptº de Geo. e História
Universidade de Brasília
Brasília, DF.
CEP: 70.910

FICHA DE RESERVA

(FAVOR ESCREVER EM LETRA DE FORMA)

Nome: _____

Endereço: _____

Cidade: _____ Estado: _____ CEP: _____

Data: ____ / ____ / ____ _____
Assinatura

Sou professor

Instituição onde leciona: _____

Matéria(s): _____ Nº de alunos por ano _____

Desejo outras informações:

(descrição: _____)

SIM, assumo a reserva das obras por mim assinaladas na lista abaixo, que pagarei na época do recebimento, através do reembolso postal, ao preço de pré-lançamento.

Número de Todas as Séries de publicações: *Fotointerpretação, Cartografia e Exemplos Materiais Especiais*

A – Série Fotointerpretação

- _____ Fundamentos para Fotointerpretação (Já publicado, portanto não mais faz jus ao preço de pré-lançamento; o pedido será atendido ao preço normal)
- _____ Técnicas para Fotointerpretação.
- _____ Bases de Sensoriamento.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Geologia e Geomorfologia.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Engenharia Florestal e Ecologia.
- _____ Aplicação da Fotointerpretação em Geografia Humana, Urbanismo e Planejamento.

B – Série Cartografia

- _____ Princípios de Cartografia Básica.
- _____ Princípios de Cartografia Topográfica.
- _____ Princípios de Cartografia Temática.
- _____ Princípios de Cartografia Especial.
- _____ Coleção de Cartas Topográficas Brasileiras (avulsas e encadernadas)

C – Série Materiais Especiais para o Ensino

- _____ Guias e Práticas (vários).
- _____ Pacote de Apoio para Professores.
- _____ Coleção de Fotografias Aéreas Brasileiras.
- _____ Estereoscópios.
- _____ Instrumentos de Precisão para Fotointerpretação e Cartografia (planímetro de pontos, ábacos, cunha de paralaxe, etc.).

Esta Ficha

Assinar e Enviar para um dos seguintes endereços:

1. Sociedade B. de Cartografia (SBC)
Rua México, 42 – Grupo 706
Rio de Janeiro, RJ.
CEP: 20.031

2. Prof. Paul S. Anderson
a/c Deptº de Geo. e História
Universidade de Brasília
Brasília, DF.
CEP: 70.910

Fundamentos para Fotointerpretação

I – Resumo do conteúdo:

O texto destaca as bases metodológicas, teóricas e técnicas importantes para a formação de um fotointérprete ao nível básico. Visa servir os estudantes universitários e profissionais de Geologia, Geografia, Cartografia, Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Agronomia, Arquitetura e Urbanismo, Ecologia, Agrimensura e das Forças Armadas.

Inclui material produzido pelo ITC (International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences) na Holanda e traduzido pela primeira vez na língua portuguesa. Consta com mais de cinquenta figuras e fotografias aéreas em nove capítulos:

1. Introdução a Fotointerpretação;
2. Níveis e Estágios de Fotointerpretação (ITC);
3. Problemas Metodológicos da Interpretação de Fotografias Aéreas. (ITC);
4. Aspectos básicos da Fotointerpretação;
5. Visão estereoscópica;
6. Características básicas de Fotografias Aéreas;
7. Geometria básica das Fotografias Aéreas;
8. Paralaxe e Determinação de Alturas;
9. Conclusão deste primeiro volume da série.

Obs.: Os capítulos de 10 a 18 estão em elaboração para a próxima obra, *Técnicas para Fotointerpretação*. Também em preparação final é um "Guia de Estudos e Práticas" (com pacote de materiais de apoio).

II – Pareceres:

"A obra do Professor Anderson vem cobrir uma lacuna na literatura de formação básica do Fotointérprete. Revela no seu conteúdo, clareza e precisão que conduzem, tanto o principiante, a quem especialmente parece dedicada, quanto o experiente, ao aprendizado e ao aprimoramento das técnicas da Fotointerpretação".

JOSÉ LUIZ BATISTA, Ex-Instrutor e Diretor do Curso de Fotointerpretação da Escola de Instrução Especializada do Exército Brasileiro.

"Nas universidades brasileiras ou onde quer que os temas Fotointerpretação e Fotogrametria sejam estudados, a iniciação desses estudos devem basear-se em livros como este, que reputo de indicação obrigatória".

OSCAR DE AGUIAR ROSA, Professor de Topografia e Fotogrametria, Universidade de Brasília.

"Excelente obra para todos os técnicos que atuam no setor da cartografia temática, utilizando as técnicas de fotointerpretação".

CARLOS MARX RIBEIRO CARNEIRO, Ph. D., Diretor no IBDF; Professor de Sensoriamento Remoto da UFSM/RS.; Engenheiro Florestal.

"Este primeiro volume da obra de Paul Anderson oferece ao leitor a oportunidade ímpar de familiarizar-se com os meios a que recorre a fotointerpretação para desempenhar esta função...

Quer em termos de instrumental a empregar, e respectiva técnica operatória, como no que tange ao elenco das operações em que se estrutura a Fotointerpretação, o autor desce a minúcias que reduzem a um mínimo o esforço do leitor para informar-se, incursionando, até, na Fotogrametria para extrair de estereogramas àquelas informações quantitativas tão úteis em sua condição de coadjuvantes das chaves de interpretação".

Da Apresentação de PLACIDINO MACHADO FAGUNDES, Professor de Fotogrametria na UERJ, e Presidente da Associação Nacional de Empresas de Aerolevantamento.

"Com esta obra inicia toda uma orientação curricular no ensino".

DULCÍDIO DIBO, Professor no Deptº de Geografia da Pontifíce Universidade Católica, São Paulo.

