

FOTOGRAMETRIA COMO ELEMENTO AUXILIAR DO PROJETO

Metodologia de ensino para alunos de engenharia e de arquitetura

SOUZA, João Carlos - Dr.
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Centro Tecnológico
Campus Universitário. Cx. postal 476- Florianópolis - SC - CEP 88040-900
e mail - jcsouza@arq.ufsc.br

ABSTRACT:

This paper recommends the use of aerial photogrammetry to help engineer architect and urbanist's activity, because it is a low cost instrument and can improve the efficiency of these services instead of the allocation of expensive investments in topographic surveys or long visitations to the field.

Keywords: Aerial photography, photogrammetry, engineering and architecture design.

RESUMO

Este trabalho recomenda o uso da fotogrametria como auxiliar às atividades do engenheiro e do arquiteto. É um instrumento de baixo custo e que pode facilitar a elaboração de seus projetos de engenharia, de arquitetura e de urbanismo, sem a necessidade de se alocar elevados investimentos em levantamentos topográficos ou em demoradas visitas ao campo.

Palavras chave: Fotografia aérea, fotogrametria, projeto de engenharia e arquitetura

INTRODUÇÃO

Vivemos num mundo tridimensional e mesmo assim estamos sempre tentando analisá-lo com um recurso bidimensional - a fotografia - Esta pesquisa tem por objetivo criar instrumentos e técnicas de baixo custo para permitir a visão em três dimensões de objetos fotografados, através de pares estereoscópios. Com isso pretende-se auxiliar as atividades de arquitetos, engenheiros e

também estudantes quando da elaboração de seus projetos arquitetônicos, urbanísticos e de restauração de edifícios históricos, sem a necessidade de se alocar elevados investimentos em levantamentos topográficos, em equipamentos de restituição fotogramétrica ou em demoradas visitas ao campo.

Utilizando tecnologia especiais e alguns truques sutis, cujos princípios remontam há mais de 150 anos e que hoje são utilizados principalmente para elaboração de mapas cartográficos, podemos fazer nossos olhos induzirem o cérebro a pensar que estamos vendo em três dimensões. Às vezes os truques são tão perfeitos que podemos fazer diagnósticos abrangentes, tomar decisões médicas cruciais, planejar técnicas de restauração de objetos históricos ou artísticos e, até, planejar estratégias militares.

A base da visão tridimensional reside no uso de duas imagens captadas independentemente a partir de pontos de vista ligeiramente separados (figura 1). O cérebro processa e interpreta essas imagens e realiza todos os cálculos necessários para a determinar a posição relativa dos objetos na cena, utilizando a informação obtida a partir das imagens.

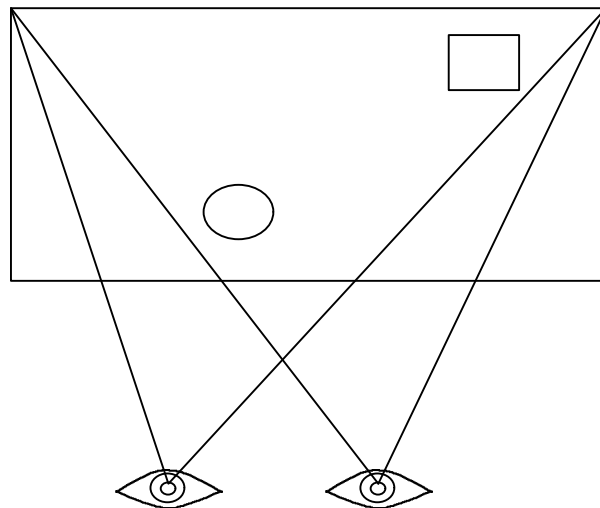


Figura 1 - diagrama de visão binocular

OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é estudar alternativas de baixo custo para se obter e analisar fotografias que permitam a visualização dos objetos em três dimensões. Esta técnica garante a elaboração de projetos de forma mais rápida e precisa pois estaremos “observando” o objeto ou o terreno sem o mesmo estar presente. Hoje esta técnica exige altos investimentos para ser

utilizada, no entanto é possível se obter ótimos resultados utilizando-se apenas equipamentos simples e baratos que nós mesmos podemos construir.

É difícil enumerar todas as aplicações atuais da fotogrametria devido ao seu grande desenvolvimento. A principal é a confecção de mapas topográficos, mapas temáticos e mosaicos. O mapa assume características especiais segundo a finalidade para o qual é elaborado; em função destes propósitos diretos, define-se a escala da foto, o tipo de câmara aérea, o número de pontos de apoio, o tipo de filme, etc. Porém as aplicações da fotogrametria são inumeráveis. Tanto as fotografias por si mesmas, como os mapas obtidos a partir delas, têm valiosas aplicações, seja na arquitetura, nos setores de urbanismo e construção de edifícios, seja na engenharia civil, na construção de rodovias e ferrovias, na implantação de barragens, trabalhos portuários, cadastros fiscais, assim como na agricultura, extração de minérios, geologia, etc. A vantagem da fotogrametria está na visualização tridimensional do objeto fotografado

Sem dúvida, a fotogrametria pode oferecer um expressivo auxílio no trabalho dos projetistas, em função de sua flexibilidade e do grande volume de informações que fornece. Este trabalho, apresentando os princípios básicos da fotogrametria, da fotointerpretação e das características do fotointérprete, recomenda o uso de pares estereoscópios para auxiliar as atividades do engenheiro, do arquiteto e do urbanista, tendo vista serem um instrumentos de baixo custo e que podem facilitar a elaboração de seus projetos arquitetônicos e de urbanismo, sem a necessidade de se alocar elevados investimentos em levantamentos topográficos ou em demoradas visitas ao campo.

Conforme Strandberg [1975], A interpretação de fotografias aéreas é o caminho mais efetivo para descobrir os muitos pontos escusos ou ocultos acerca do mundo físico que nos rodeia. Isto é certo por várias razões:

- *Vantagens do ponto de vista (observação melhorada)*.: Um observador, de 1,70 metros de altura, situada ao nível do solo, pode ver somente o plano visual dos objetos da superfície da terra que estão a uns 15 metros de sua posição. De cima, o campo visual do observador incrementa-se substancialmente. Dependendo da claridade atmosférica, altura e outros fatores, um observador pode ser capaz de detectar objetos ou alterações no terreno a vários quilômetros de distância.
- *Melhor resolução*: Os humanos, infelizmente, não possuem a capacidade de resolução espacial dos modernos equipamentos fotográficos. O olho humano, sem ajuda alguma, pode perceber

4,5 linhas por milímetros com uma resolução de contraste de 2:1. Os modernos sistemas fotográficos podem discernir centenas de linhas por milímetro com esta mesma resolução de contraste. Assim, pequenos objetos que seriam invisíveis para um humano, podem ser registrados fotograficamente.

- *Percepção fora do espectro visível:* A visão humana é espectralmente limitada. A porção do espectro visível se estende (em comprimento de onda) cerca de 400 a 700 milimicras. O espectro fotográfico permite uma amplitude muitas vezes superior.
- *Permanência:* Quando se dispara uma câmara, os objetos se imobilizam e todo o campo visual fica registrado para que possa ser estudado independentemente do tempo.
- *Fidelidade geométrica:* A fidelidade geométrica dos componentes das imagens torna possível a determinação de distâncias, vetores e áreas com um grau de precisão muito maior que as obtidas por observação direta.

De acordo com Chiossi [1983], a primeira sugestão de se utilizar fotografias aéreas apareceu na França em 1858. A partir de um balão nas proximidades de Paris, foram tiradas as primeiras fotografias aéreas, nas quais podiam ser reconhecidas as casas. Concomitantemente, desenvolveram-se pesquisas na Rússia, Inglaterra e Estados Unidos. O maior desenvolvimento, contudo, aconteceu durante a 1ª Grande Guerra, onde a RAF obteve fotografias aéreas do território alemão. A introdução da fotografia aérea mudou completamente as táticas da guerra. Hoje em dia, o desenvolvimento é tão grande que os aviões supersônicos tomam fotos a mais de 20.000m de altitude, e os satélites e naves espaciais têm se utilizado intensamente da fotografia; um exemplo mais recente são as fotos da lua, através das quais foi possível tirar conclusões acerca do tipo de solo, de rochas, da ausência de água e ar, da topografia etc.

OBSERVAÇÃO DE FOTOGRAFIAS E FOTOINTERPRETAÇÃO:

Segundo Novo [1989], quando observamos um objeto, procedemos imediatamente a uma interpretação. Esta interpretação é sugerida ao nosso cérebro através da análise das características observadas no objeto. O olho humano é um sensor sofisticado conectado a uma central de processamento de informações de elevada competência: o cérebro.

A percepção visual refere-se ao processo de estimulação sensorial que permite transformar a imagem detectada pela retina em uma informação com conteúdo organizado. O

processo de percepção visual é a base do processo de interpretação de imagens. Ele começa com a detecção do objeto como um todo. Depois esse todo é decomposto analiticamente num processo de identificação do objeto em relação a uma dada categoria. Essa identificação implica em relacionar as propriedades do objeto (forma, tamanho, volume, cor, textura e localização) com as características do ambiente em que se encontra. Todas essas atividades são realizadas instantaneamente no processo de percepção visual. Estas etapas aplicam-se à análise visual de imagens ou à fotointerpretação.

Conforme Anderson [1982], qualquer pessoa que olha para uma fotografia está fazendo fotointerpretação. Fundamentalmente este não é um atributo particular de qualquer ciência. Quando uma pessoa olha uma fotografia de seus colegas ou as fotografias que tirou durante suas férias, está fazendo fotointerpretação. Se ela olha para uma foto 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 fotos 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 indicar quais as pessoas que são homens e quais são as mulheres, ou quem são (se os conhece). Mas certamente não pode deduzir e classificar tantos outros detalhes.

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.

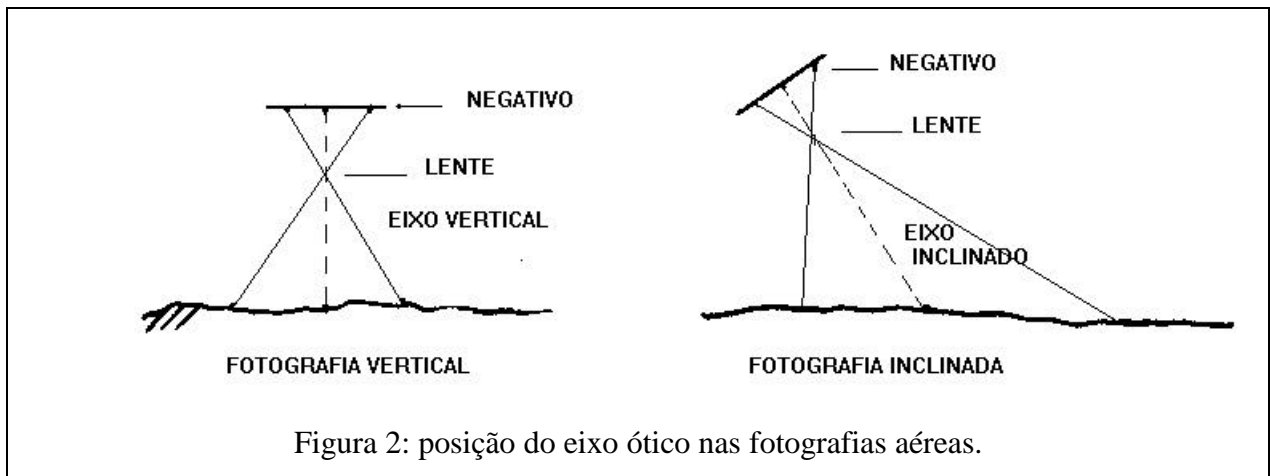
Ouve-se dizer, freqüentemente, que na fotointerpretação somente se encontra aquilo que, em princípio, se está procurando. Até certo ponto isto é verdade. O geólogo encontrará estruturas geológicas e diferentes tipos de rochas na mesma foto imagem em que um engenheiro descobrirá diferentes tipos de construções, pontes e estradas. Da mesma maneira, nesta foto-imagem, o arquiteto poderá descobrir as tendências de crescimento de uma cidade, as áreas de preservação, a estrutura urbana e, até, os principais estilos arquitetônicos adotados.

Em todos os casos um bom treinamento em técnicas de fotointerpretação é importante. Quando uma pessoa se aperfeiçoa nas técnicas de interpretação, o fator decisório da sua habilidade de fazer uma boa interpretação para um objetivo específico é o seu nível de conhecimento, tanto genérico quanto especializado, na área de sua formação profissional.

Desde que foi inventada a fotografia, o homem sempre fez a interpretação de fotos, sejam elas aéreas ou terrestres. No entanto esta interpretação torna-se cada vez mais complicada ou exigente a medida que o trabalho exigir maiores detalhamentos na análise da área de estudo.

FOTOGRAFIAS AÉREAS:

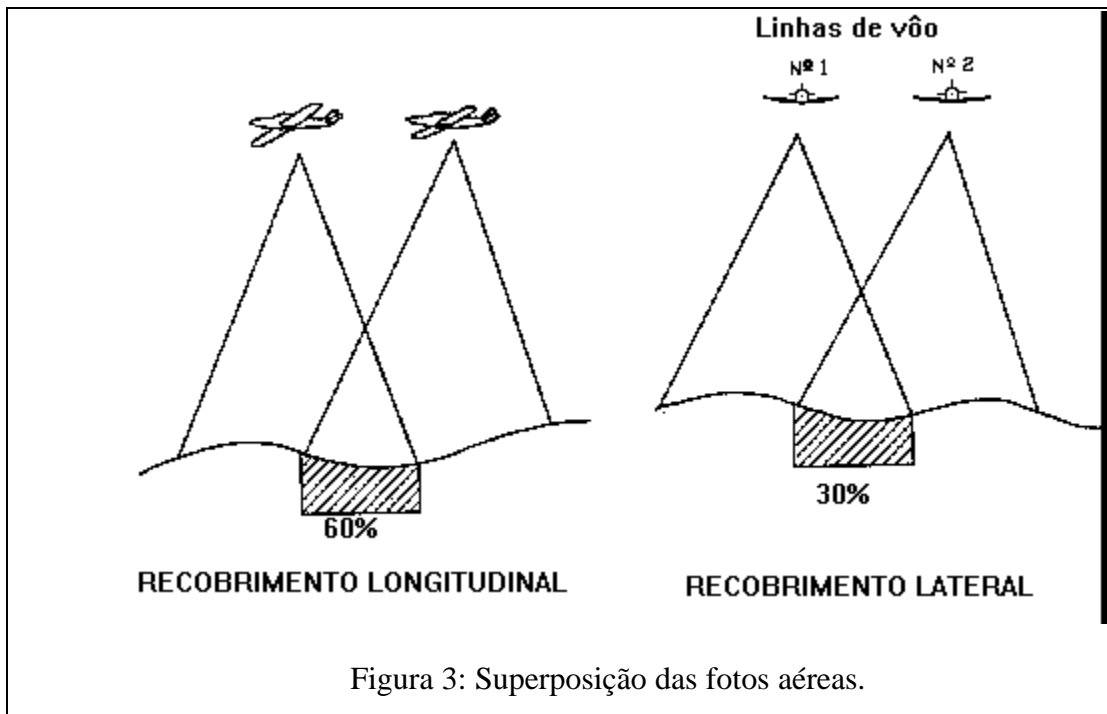
As fotografias aéreas são a matéria prima da fotointerpretação. São tomadas através de uma câmara acoplada em uma aeronave Normalmente são tomadas com o eixo ótico perpendicular a terra (na vertical), podendo haver casos em que são tomadas com o eixo oblíquo em relação ao solo (ver figura 2). Uma grande vantagem da fotografia aérea com eixo vertical, para os fins propostos neste trabalho, é que nela aparecem muito mais detalhes dos objetos que em um mapa. Isto é lógico, porque um mapa é uma 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 tem finalidades diferentes e ambos são úteis de acordo com seus objetivos.



Segundo Marchetti e Garcia [1986], quando alguém examina uma fotografia aérea, acha muito razoável que as posições dos objetos nela observados sejam facilmente determinados. Além disso é possível se perceber a altura dos prédios, montanhas, árvores, etc. As elevações (vistas nas fotos em terceira dimensão) são usualmente representadas em mapas por meio das curvas de nível (linha que a superfície da terra possui uma elevação constante a partir de um plano de referência). A capacidade para determinar a terceira dimensão e produzir curvas de nível é uma característica fundamental da fotogrametria.

O intervalo de tempo entre as exposições feitas na câmara fotográfica transportada pelo avião é ajustado de tal maneira que cada ponto da superfície da terra é fotografado mais de uma vez através de diferentes posições (figura 3). Após estas fotografias do mesmo ponto tomadas em duas posições diferentes, são colocadas em um aparelho chamado estereoscópio que permite que as posições e a altitude possam ser ajustados de maneira a restabelecer a posição e a altitude da câmara aérea no momento em que as fotografias foram tomadas.

Com estas duas fotografias, através do estereoscópio, faz-se chegar a cada olho do observador uma imagem do objeto a ser estudado (figura 4). Uma vez feita a fusão das duas imagens no cérebro, obtém-se a visão estereoscópica (terceira dimensão), dando a impressão ao observador que ele se encontra no interior do avião no momento da tomada das fotos, permitindo que, com a estereoscopia resultante, se tenha um nível de entendimento da posição dos objetos no



solo, muito superior ao de se observar somente uma fotografia.

Além disso, normalmente, os pares de fotografias aéreas proporcionam visão estereoscópica com exagero na dimensão vertical, permitindo a vantagem de muitas medições, coisa impossível de ser feita por uma pessoa sobrevoando uma região. Este exagero vertical, entretanto, engana as pessoas sem prática na fotointerpretação.

As posições e elevações determinadas pela fotogrametria são de razoável precisão. É perfeitamente possível locar um ponto com erro menor que 1m a partir de fotografias tomadas a uma altitude acima de 2000m.

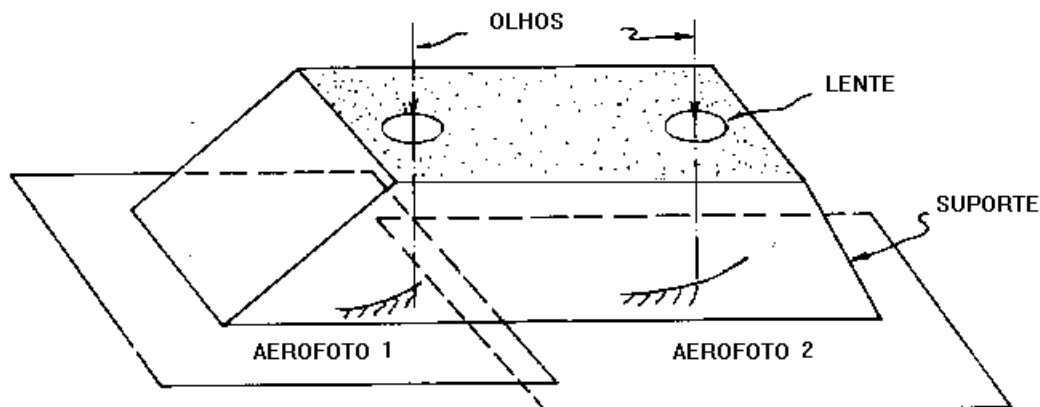


Figura 4 : Visão estereoscópica.

VISÃO ESTEREOSCÓPICA PARA FOTOINTERPRETAÇÃO.

Todas as pessoas que possuem visão normal tem visão binocular (em três 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 dos objetos na 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 de uma 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. Ou seja, a estereoscopia é um fenômeno natural que ocorre quando uma pessoa olha simultaneamente duas imagens que foram tiradas da mesma cena mas de pontos diferentes, fazendo com que cada imagem seja vista por um olho. O resultado é a percepção da profundidade ou terceira dimensão.

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 comum para nossa visão normal, só que, na visão binocular normal vemos diretamente um objeto com os dois olhos, enquanto que na visão estereoscópica de fotografias aéreas, em vez de vermos um 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 destas 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 representação em 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 cristalinóis 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. (Anderson[1982]).

A visão estereoscópica é aparentemente ocasionada pelo fato de os olhos do homem estarem separados um do outro em aproximadamente 65 mm. O olho direito recebe uma imagem um pouco diferente da que recebe o olho esquerdo, quando observam o mesmo objeto. Da fusão, no cérebro, da imagem diferente que cada olho fornece, resulta não só a imagem, mas também a sensação de profundidade.

CARACTERÍSTICAS DO FOTOINTERPRETE:

Segundo Loch [1989], o fotointérprete é um indivíduo que tem um conhecimento acumulado, treinamento e experiência para estudar as imagens fotográficas e deduzir o significado dos elementos nela existentes.

De acordo com esta definição, Marchetti [1986] afirma que virtualmente todos podem considerar-se fotointérprete em maior ou menor grau. Contudo, a fotointerpretação, como é encarada pelos leigos, não deve ser confundida com o trabalho de fotointérpretes especializados tais como geólogos, agrônomos, engenheiros, especialistas em solos, em florestas, etc.. Cada um destes homens tem uma sólida experiência anterior em sua especialidade e devido a estes conhecimentos anteriores é que o profissional é capaz de identificar em fotografias, objetos que o leigo passaria por cima ou não interpretaria convenientemente.

A poucos ou a nenhum fotointérprete atribui-se um conhecimento total do vasto campo da fotointerpretação. À medida que o fotointérprete se aprofunda mais e mais nas fases de seu

trabalho, ele encontra uma relação sempre crescente entre a fotointerpretação e muitos outros ramos do conhecimento humano, desde a ciência pura até a sociologia.

As características fundamentais de um bom fotointérprete são: Acuidade visual, poder de observação e imaginação, paciência e adaptabilidade, discernimento e bom senso e experiência profissional.

Acuidade visual:

É a habilidade de ver as imagens claramente . É de grande importância para o fotointérprete. Se ele não puder ver claramente as imagens não poderá interpretar corretamente.

Desde que grande parte da interpretação é realizada por intermédio da estereoscopia, a acuidade estereoscópica é um requisito imprescindível a todos os intérpretes. A habilidade do fotointérprete em perceber as diferenças aparentes na posição de um objetivo visto de dois pontos diferentes governa a habilidade do fotointérprete em perceber os objetos em terceira dimensão.

Poder de observação e imaginação:

É a capacidade de ver e analisar a fotografia utilizando o poder de imaginação para deduzir. Suponhamos uma série de objetos cujas imagens são retângulos quando vistos num estereopar de fotografias verticais.

Qualquer observador pode reconhecer cada uma das construções como uma edificação, mas de conformidade com a definição de fotointerpretação espera-se que ele identifique o tipo de edifício suficientemente bem para deduzir sua significação. Por Exemplo : Se numa fotografia se observa um prédio, para a identificação do mesmo deve-se observar os arredores. Examinando-se os arredores, percebem-se balanços, gangorras, etc., com muita probabilidade o edifício em questão é uma escola primária. Quando um outro edifício está circundado por campos de futebol e basquetebol, o prédio não se caracteriza somente como escola, mas como escola secundária.

Paciência e adaptabilidade:

É a tolerância e a perseverança para estudar um problema e conseguir-lhe uma solução satisfatória. O processo de fazer uma interpretação detalhada de fotografias é semelhante ao da resolução de um problema de palavras cruzadas na qual toda e qualquer informação contribui com uma certa parcela para o delineamento do quadro geral.

Semelhantemente, podemos estender o conceito de que o fotointérprete, assim como o indivíduo na resolução de seu quebra-cabeça, terá que ter uma grande paciência no decorrer da

solução de seu enigma. Em alguns casos, é necessária ao fotointérprete a paciência para permanecer com um problema um pouco mais, na esperança de descobrir uma informação mais útil. A paciência necessária a um fotointérprete pode ser expressa como a tolerância de sua parte em realizar o seu trabalho corretamente, mesmo quando um outro procedimento possa ser mais rápido porém menos exato.

Discernimento e bom-senso:

Aplica-se o poder mental para alcançar uma decisão, comparando-se fatos e idéias, formando uma conclusão lógica, dependendo tudo isso de um raciocínio. Este fator entra na interpretação das fotografias aéreas de muitas diferentes maneiras. É necessário o raciocínio do fotointérprete para que pese apropriadamente a significação dos vários indícios que percebe na fotografia. O raciocínio é necessário para que ele saiba que a interpretação deve ser meticulosa e completa.

Experiência profissional:

Grande parte da interpretação que será feita por um observador, será dirigida para um determinado campo, no qual é desejável que o fotointérprete tenha uma sólida formação. Certamente, nem todos os homens que têm a desejada formação profissional são dotados das outras qualidades de um fotointérprete. Além do mais é preferível desenvolver e treinar as pessoas que possuem as qualidades imprescindíveis a um fotointérprete.

OBTENÇÃO DE FOTOGRAFIAS EM PARES ESTEREOSCÓPICOS:

Em princípio para se obter uma coleção de fotografias que recobrem uma determinada área é necessário se dispor de uma aeronave especialmente adaptada para transportar uma câmara aerofotográfica e, segundo um plano de vôo pré-determinado, obter as imagens desta área.

Isto, no entanto, é por demais oneroso para os fins propostos no presente estudo. Então deve-se procurar obter as fotos já prontas ou, conforme o objetivo desta pesquisa, se criar equipamentos simples e baratos de modo que se possam obter e interpretar as fotos conforme às necessidades do trabalho proposto.

Em testes preliminares já conseguimos obter pares estereográficos utilizando uma câmara fotográfica comum, tomando fotografias de objetos em posições deslocadas. Conseguimos , também criar um estereoscópio rudimentar utilizando lentes de um óculos de grau fora de uso.

Em muitas das maiores cidades do Brasil existem vôos donde se obtiveram fotografias em várias escalas. Em Florianópolis, por exemplo, o último recobrimento aerofotogramétrico foi executado em 1978, obtendo-se fotos na escala 1:25.000. No momento existem estudos para realizar um novo vôo, agora com programação de obter imagens na escala de 1:8.000, que fornecerá uma ótima resolução para ser utilizada como ferramenta no auxílio do trabalho do arquiteto. Vencendo-se os inevitáveis entraves burocráticos, é possível, em todas estas cidades, se obter um conjunto de cópias desta fotos.

CONCLUSÃO :

A engenharia e a arquitetura, nos seus estágios de planejamento, reconhecimento preliminar e construção, oferecem um campo extremamente grande para aplicação das técnicas aerofotográficas. As vantagens desse método são muitas, tais como:

- Independe do clima, isto é, pode ser usado em regiões tropicais, desérticas ou mesmo inundadas, locais onde normalmente as condições climáticas restringem o tempo e a velocidade das operações dos trabalhos terrestres.
- Permitem o trabalho em regiões de difícil acesso, como áreas excessivamente montanhosas, pantanosas ou florestadas, ou que acusem deficiência de estradas.
- Visão em terceira dimensão de grandes áreas, o que é impossível de se obter em serviços terrestres.
- Observação de grandes áreas em tempo relativamente curto.

Isto não significa que os métodos de reconhecimento aéreo podem substituir completamente os métodos de campo. Sua principal vantagem é que podem simplificar os requisitos da acumulação de informações, para que se possa acelerar os trabalhos de campo e, dedicando-lhes o mesmo tempo, torná-los mais produtivos.

Sem dúvida, a fotogrametria pode oferecer um expressivo auxílio no trabalho do engenheiro e do arquiteto, em função de sua flexibilidade e do grande volume de informações que fornece.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. (1966) Manual of photogrammetry. 3 ed. volume II. Wisconsin: ASP..
- ANDERSON, Paul S.(1982). Fundamentos para fotointerpretação. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia.
- LO, Chor Pang. (1986). Applied remote sensing. Hong Kong: Longman UK Limited.
- LOCH, Carlos. (1989). Interpretação de imagens aéreas. Florianópolis: Edit. da UFSC
- MARCHETTI, Delamar A.B. et al. (1986). Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo: Nobel.
- NOVO. Evelyn M. L. (1989). Sensoriamento remoto, princípios e aplicações. São Paulo: Editora Blücher Ltda.
- PAREDES, Evaristo A .(1987). Introdução à aerofotogrametria para engenheiros. Vol. I. Maringá. UEM-CONCITEC.
- RICCI, Mauro e PETRI, Setembrino.(1965). Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica. São Paulo. Cia Editora Nacional.
- SABINS, Floyd F. (1986). Remote sensing, principles and interpretation. 2ed. New York: W.H. Freeman and Company.
- SCHWIDEFSKY, K. (1960). Fotogrametria terrestre y aérea.. Barcelona: Editorial Labor SA.
- STRANDBERG, Carl H. (1975). Manual de fotografia aérea. Barcelona. Ediciones Ômega S.A.
- WOFGRAM, D. Aventuras em 3D. Berkeley, Rio de Janeiro, 1993.