

COMPREENDENDO OS EFEITOS DA PROJEÇÃO NAS IMAGENS AÉREAS

Por Hiram Skolimowski da Silva

INTRODUÇÃO

Com a atual popularização dos sistemas CAD, ficou muito fácil para usuários de cartografia carregarem um arquivo vetorial, oriundo de restituição fotogramétrica, sobre uma ortofoto ou outra imagem da mesma área.

Como chefe do Departamento de Fotogrametria, em diversas ocasiões questionado sobre alguns vetores não coincidentes com as imagens, ao verificar sempre constatamos ser mero efeito da projeção das imagens fotográficas e não erro, como apontado.

Apesar deste assunto ser de amplo entendimento pela comunidade cartográfica, sempre há um bom número de usuários que ainda desconhece a teoria e a causa destes efeitos. É pensando nestes que criamos este artigo.

O objetivo é apresentar a origem e as formas dos efeitos da projeção nas imagens aéreas, de câmaras convencionais e de câmaras digitais, capacitando o leitor usuário a identificar e diferenciar estes efeitos de erros reais.



Figura 1. Edifício com deslocamento (do topo) na imagem, sobreposto por vetor oriundo de restituição fotogramétrica.

Na figura 1, exemplo de deslocamento devido à projeção, observa-se que o topo do edifício está deslocado em relação a sua base, contudo o vetor restituído acompanha a base do edifício, que é a posição correta. Não há erro algum nesta figura.

ORIGEM DOS EFEITOS DA PROJEÇÃO DAS IMAGENS AÉREAS

Para compreender os efeitos da projeção, precisamos primeiramente compreender um pouco da GEOMETRIA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS, observe a seguir o esquema representando uma fotografia aérea hipoteticamente vertical:

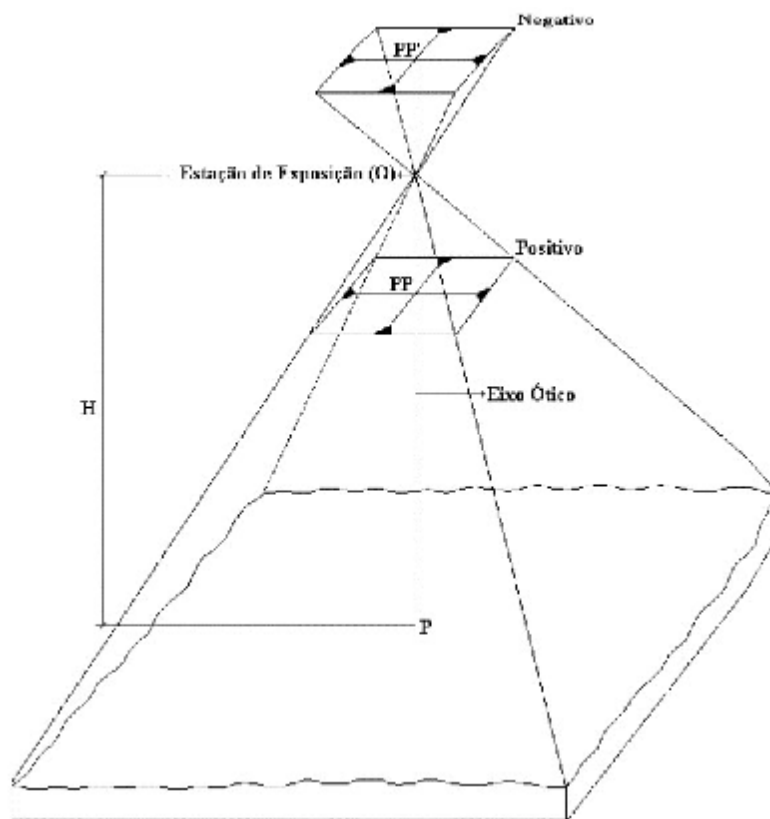


Figura 2. Esquema gráfico de uma fotografia de quadro.

Desta figura, conclui-se que a fotografia é uma PROJEÇÃO CÔNICA ou central, onde a imagem de um objeto é formada num plano, que é o filme, após os raios terem passado pelo centro ótico (O) da objetiva.

Observe o CENTRO ÓTICO (O), também conhecido como centro perspectivo ou ponto nodal, representa o centro do sistema de lentes no instante da tomada da fotografia, ponto por onde passam os raios da imagem antes que se formem no filme;

ALTURA DO VÔO (H), distância vertical entre o centro ótico e um plano de referência no terreno;

PONTO PRINCIPAL DA FOTOGRAFIA (PP), ponto formado pela projeção ortogonal do centro ótico no plano do filme, na fotografia é definido pela interseção das linhas que unem as marcas fiduciais opostas.

Note que em toda a fotografia apenas no ponto PP' a projeção é ORTOGONAL (90° ao plano do filme), em todo o restante da fotografia a imagem é captada em ângulo oblíquo, é essa angulação de tomada da imagem, diferente de 90° , que origina os efeitos da projeção.

Para uma fotografia aérea, pode-se enunciar dois principais efeitos da projeção, **VARIAÇÃO DA ESCALA** e **DESLOCAMENTO DE FEIÇÕES VERTICAIS**:

VARIAÇÃO DA ESCALA

Considerando uma área hipoteticamente plana, a medida que um ponto se afasta do centro da foto (PP), a distância deste ponto no terreno para o centro ótico (O) aumenta, conseqüentemente a escala diminui. Este efeito é corrigido no processo estereofotogramétrico para a **RESTITUIÇÃO FOTOGRAMÉTRICA** e na geração de **ORTOFOTOS** pelo processo da ortorretificação.

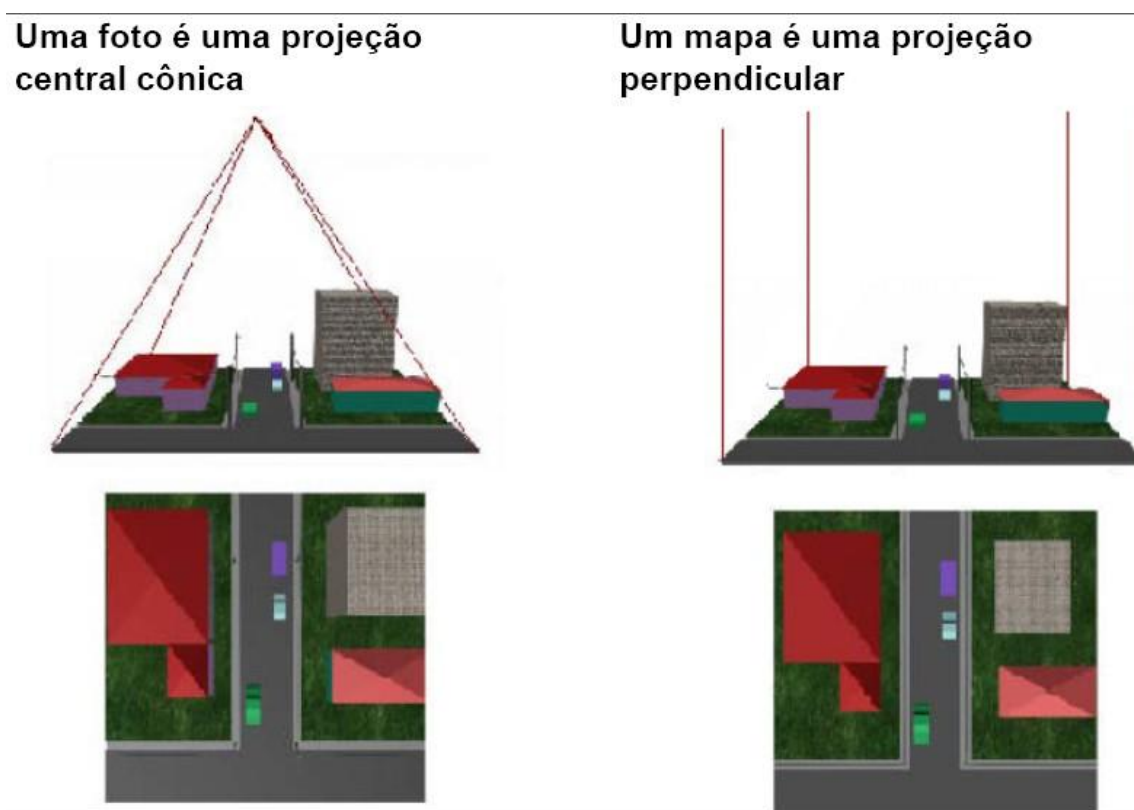


Figura 4. Comparativo projeção cônica de uma foto x projeção perpendicular de uma restituição fotogramétrica (fonte: Leica)

DESLOCAMENTO DE FEIÇÕES VERTICAIS

Estes deslocamentos são o objeto de estudo deste artigo, o chamado deslocamento é do topo da feição com relação a sua base, ocorre pelo fato de na fotografia aérea a feição ser observada ortogonalmente apenas no centro da foto, ao se afastar para as bordas da foto se tem uma visão inclinada. Quando a feição observada é vertical, elevada em relação ao terreno, aí ocorre o aparente deslocamento do topo da feição. Exemplo: edificações, muros, postes, monumentos, etc. Vide figura abaixo.



Figura 5. Deslocamento das feições verticais – edifícios (fonte: Leica)

Na imagem acima, capturada da extremidade de uma fotografia aérea, os topos dos prédios estão deslocados lateralmente, no mesmo sentido, em relação à base do prédio, efeito da projeção da fotografia aérea.

PROJEÇÃO CÔNICA (OU CENTRAL) – IMAGENS DE QUADRO

Hoje quando se fala em câmaras aéreas, há de se diferenciar câmaras aéreas convencionais de câmaras aéreas digitais. Primeiramente vamos apresentar o deslocamento das feições nas câmaras convencionais, que em todos os casos são câmaras de quadro.

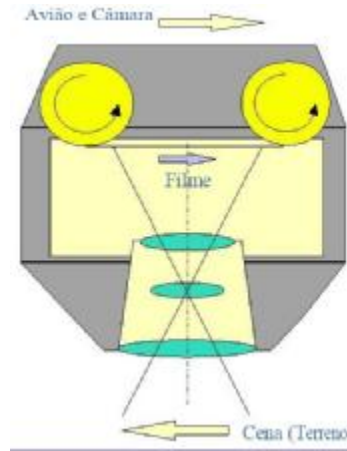


Figura 6. Câmara aérea convencional – projeção cônica.

Nas câmaras de quadro, conforme a figura 6, a projeção é cônica, ou seja, com exceção do ponto nodal (ortogonal), todas as demais posições são captadas com angulação oblíqua.

PROJEÇÃO CÔNICA – DESLOCAMENTO DE FEIÇÕES VERTICAIS NAS IMAGENS

Nas imagens de quadro, projeção cônica, os efeitos da projeção ocorrem de forma crescente, do centro da foto para as bordas, de forma radial.

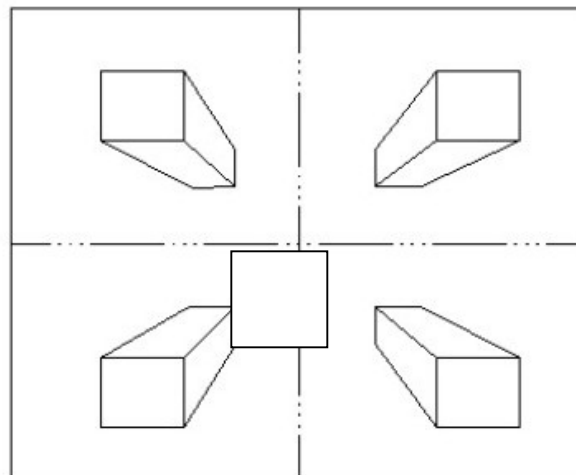


Figura 7. Esquema gráfico deslocamento feições verticais – projeção cônica..

Na figura 7, cinco edifícios semelhantes, esquematicamente representados no centro e nos quatro quadrantes da fotografia, no centro aparece apenas como um quadrado, seu topo é coincidente com a sua base, neste ponto não há efeito de projeção, saindo do centro o efeito ocorre de forma radial.

Note que, observando uma fotografia aérea, os deslocamentos apenas ocorrem nas feições verticais, acima do plano, tais como: casas, edifícios, muros e postes. Em elementos achatados, no solo, deslocamentos não são observados.



Figura 8. Centro de uma fotografia aérea – pouco deslocamento de feições verticais



Figura 9. Extremo de uma fotografia aérea – edifícios com deslocamento de feição vertical (Fonte: Leica)

PROJEÇÃO PARALELA – CÂMARA AÉREA DIGITAL ADS40

Diferente das câmaras convencionais, de projeção cônica para todos os modelos e fabricantes, para câmaras fotogramétricas digitais algumas são projeção cônica e outras projeção paralela (varredura). Fabricantes diferentes, soluções diferentes, neste artigo vamos nos ater à câmara da Esteio, a Leica ADS40, cuja projeção é paralela (de varredura).

A câmara ADS40 não registra quadro, na prática ela escaneia o terreno registrando uma faixa, a propriedade de projeção cônica, que é a passagem dos raios por um único centro ótico ocorre apenas transversalmente a esta faixa.

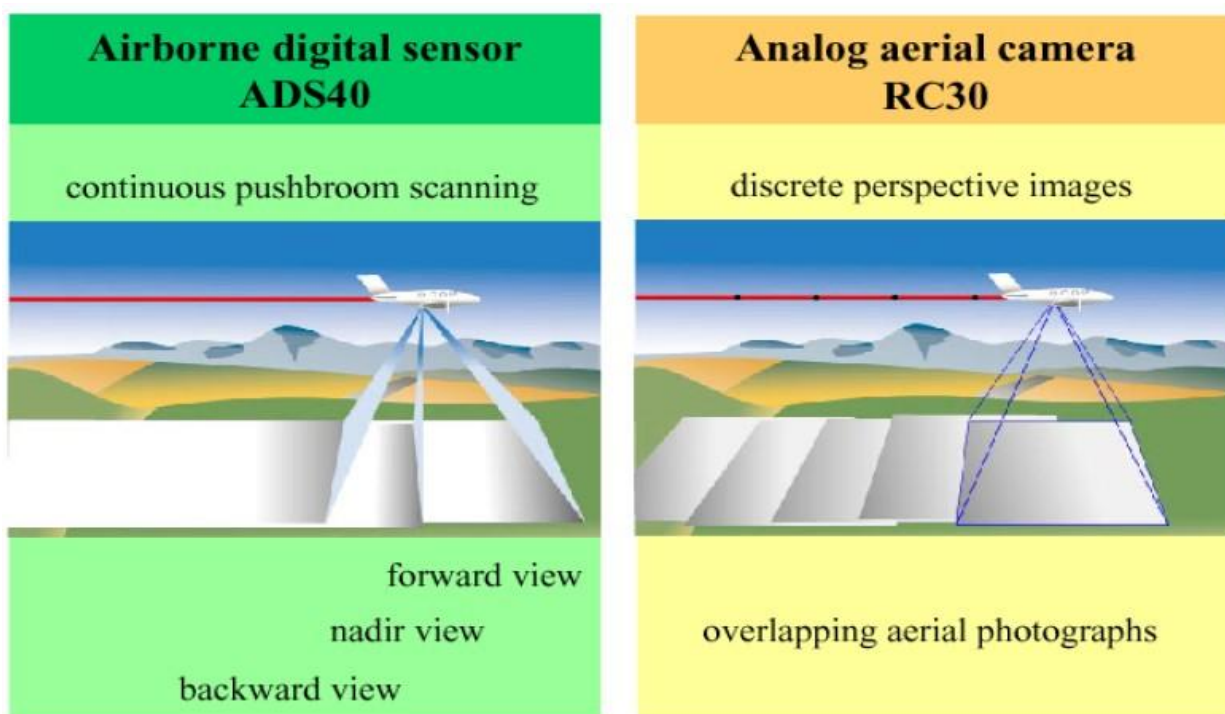


Figura 10: comparativo de câmara aérea digital e câmara convencional (Fonte: Leica)

Na ADS40 existem três planos focais: backward (anterior), nadir (vertical) e forward (posterior), usáveis em qualquer combinação para obtenção e visualização de imagens estereoscópicas, pela superposição de imagens. Para os produtos imagem, ortofotos e mosaicos, geralmente se usa o plano nadir, desta forma o efeito de deslocamento nas feições verticais, longitudinalmente ao vôo, é nulo, o efeito ocorre apenas transversalmente ao vôo, o que representa um grande diferencial neste produto.

PROJEÇÃO PARALELA – DESLOCAMENTO DE FEIÇÕES VERTICAIS

Na figura abaixo, edifícios semelhantes, esquematicamente representados no centro e nos extremos laterais da faixa da ADS40, se repetem de forma igual ao longo da faixa, sem deformações no SENTIDO LONGITUDINAL. Na linha coincidente com o centro da faixa, aparecem como quadrados, seus topos coincidem com a sua base, sem deslocamento das feições verticais, nem ao longo, nem transversal à faixa.

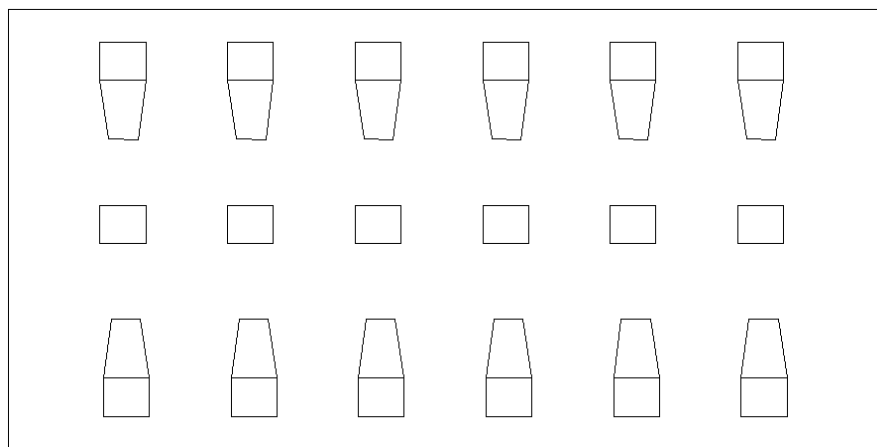


Figura 11: Deslocamento de edifícios iguais na câmara digital ADS40 – posição nadir.

TRUE-ORTOFOTO

A ortofoto digital convencional, produto de fotografias aéreas, tem pelo processo de ortorretificação os efeitos de variação radial de escala corrigidos, obedece em toda a folha uma mesma escala, contudo não tem corrigido o efeito de deslocamento da parte superior das feições verticais.

Existe um produto chamado TRUE-ORTOFOTO, onde este efeito de deslocamento é corrigido, contudo o processo é oneroso e lento o suficiente para não ser comercialmente utilizado.

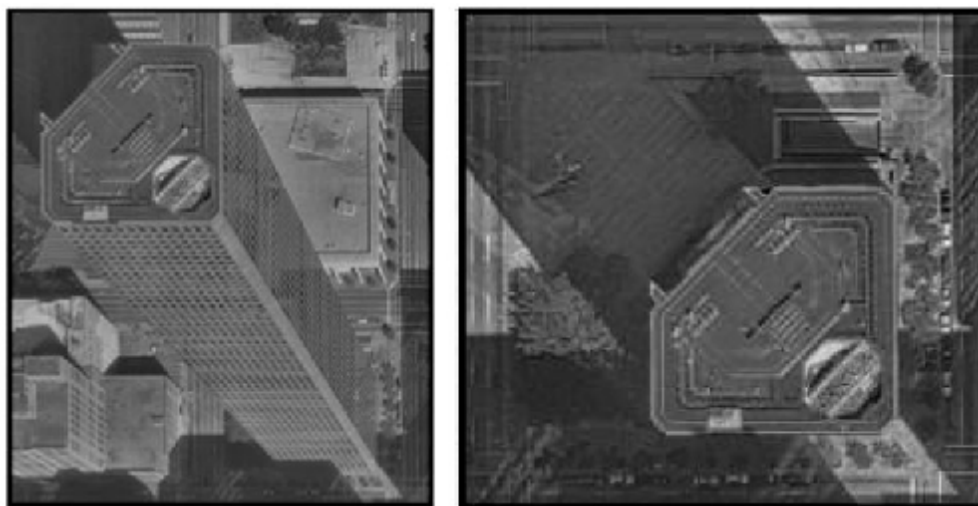


Figura 12: comparativo ortofoto convencional X true-ortofoto

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É muito importante compreender que, o efeito de projeção das imagens fotográficas, representado pelo deslocamento da parte superior de uma feição vertical com relação à sua base não representa um erro, mas sim um efeito do sistema de projeção que é a fotografia, seja ela aérea ou terrestre, digital ou analógica, ou ainda um produto oriundo destas imagens, como ortofotos e mosaicos.

Além disto, que vetores oriundos de restituição fotogramétrica, uma vez que apareçam coincidentes com a base de uma feição vertical, e que possuam as mesmas dimensões desta feição, estão igualmente corretos.