

Visualização de Imagens de 16 bits da Câmera ADS-80 em 8 bits

Daniel Carneiro da Silva¹
João Bosco Teixeira Júnior²
Norman de Moraes Dantas³

¹ Departamento de Engenharia Cartográfica /UFPE
Cidade Universitária 50740-530 Recife - Pernambuco – Brasil

² Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro)
Av. Rui Barbosa, Recife - Pernambuco – Brasil

³ 1º/6º GAV - Base Aérea de Recife
Ibura, Recife - Pernambuco – Brasil

¹danielcs@ufpe.br, ²boscojr@gmail.com, ³normanmd@ig.com.br

Abstract. As the luminance range in nature covers about 10 orders of absolute intervals and the simple systems for 8 bits per pixel per band of the digital images sensors, and display and printing only cover two orders may be lost many details that are in very bright or very dark areas. For this reason modern photogrammetric cameras and satellite images of high geometric resolution are using 12 or 16 bits. But when is to view images of higher radiometric resolution using the 8-bit devices via remote sensing programs an automatic contrast enhancement occurs that can change both the balance between bright and dark areas and details are lost, but also the general appearance of hue. This article uses images ADS-80 camera presents problems mentioned and shows the results of application functions that perform the appropriate contrast operations. The functions tested were those existing in Erdas® and Envi® programs and other, ever existing and some implemented, in Matlab. Finally are presented the output images of functions used that gave good results.

Palavras-chave: aerial photogrammetry, image processing, high dynamic range image, aerofotogrametria, processamento de imagens, imagem de alto contraste.

1. Introdução

A resolução radiométrica comum de 8 bits, que corresponde aos níveis de cinza registrados nos valores 0-255 muitas vezes são insuficientes, porque o intervalo de luminância que ocorre no mundo real é vasto: cobre aproximadamente 10 ordens de intervalos absolutos, do céu totalmente escuro até à neve sob o sol; e de quatro ordens da sombra até os pontos mais luminosos numa cena simples. (Reinhard et. al., 2002). Por este motivo as câmaras fotogramétricas digitais e imagens de satélites de alta resolução usam 12 ou 16 bits, aumentando significativamente a quantidade dos níveis de uma cena que pode ser registrada sem perda de informações. Porém a visualização dessas imagens em monitores produzidos apenas para 8 bits, abertas em programas de sensoriamento remoto como o Erdas®, ArcGIS®, Envi® ou mesmo em programas gráficos com o Paint Shop Pro® e Adobe PhotoShop®, pode não ser satisfatória, por conta de contrastes processados automaticamente pelos próprios programas. Além disso a aparência não ideal é transferida quando a imagem é convertida para 8 bits se não forem tomados alguns cuidados de processamento.

Este artigo avalia as conversões de imagens de 16 para 8 bits da câmera ADS-80 com os programas comerciais Erdas® e Envi® e com algoritmos de mapeamento de tons com rotinas implementadas em Matlab®, com a finalidade de testar e definir os melhores e mais fáceis procedimentos que garantam uma conversão adequada. Os resultados são discutidos e comparados quanto ao balanceamento obtido entre as zonas mais claras e escuras e tonalidade dominante.

2. Metodologia

Os recursos usados nesta pesquisa foram imagem da câmera ADS-80 processada com os programas Erdas e Envi e com funções e algoritmos em Matlab. Os processamentos

permitiram avaliar o balanceamento de iluminação das imagens entre as áreas mais escuras e mais claras da imagem de 16 bits, e se foi mantida essa relação nos resultados da conversão para 8 bits, que é o formato comum de visualização de imagens nos programas gráficos e monitores.

2.1 Imagem de 16 bits/banda da ADS-80

A unidade da FAB (Força Aérea Brasileira) 1º/6º GAV, sediada na Base Aérea de Recife-PE, é responsável por serviços de levantamentos aerofotogramétricos e dispõe de câmeras digitais ADS-80 da Leica. Por meio de convênio de cooperação técnico científica com o Decart (Departamento de Engenharia Cartográfica) da UFPE, disponibiliza imagens para pesquisas como as utilizadas neste trabalho da região de Arapiraca em Alagoas.

As imagens ADS são obtidas com 16 bits por banda no sistema de cores RGB e são geradas por três imageamentos contínuos e simultâneos, com uma visada para ré, uma nadir e outra para vante (Leica, 2011). Uma das faixas, a escolhida para os processamentos desta pesquisa é visualizada em 8 bits na Figura 1 (com 10045 x 34816, pixels, girada 90°), na qual facilmente são percebidas zonas muito claras (metade inferior esquerda) e zonas escuras (metade da direita).



Figura 1. Um segmento de faixa da câmera ADS-80 aberto no Erdas. O retângulo branco mostra o recorte usado nos processamentos. (Cortesia do 1º/6º GAV)

Para facilitar os processamentos foi usado o recorte da imagem marcado na Figura 1. Este recorte foi aberto nos programas Erdas, Envi e MultiSpec (Multispec, 2014) e no visualizador ER Viewer (Intergraph, 2014). Nos três primeiros o aspecto do recorte entre zonas claras e escuras são iguais como mostrado na Figura 2. Neste caso o canto esquerdo ficou muito claro e muitos detalhes, como limites de terrenos e calçadas, foram perdidos (Figura 3). O recorte aberto no ER Viewer é mostrado na Figura 4, em se percebe um contraste menor entre as zonas escuras e claras.



Figura 2. Recorte visualizado nos programas Erdas, Envi e MultiSpec de forma automática.



Figura 3. Perda de detalhes na área clara da imagem convertida para 8 bits.



Figura 4. Recorte visualizado no ER Viewer de forma automática

Os histogramas do recorte obtidos com o Envi® das bandas R, G e B são mostrados na Figura 5. Os pixels ocupam a parte esquerda do histograma, indicando uma imagem escura e não cobrem todo o intervalo 0-65534 que corresponde aos 16 bits. A banda R que tem níveis de 0-55186, a banda G que tem níveis 0-5040 enquanto a banda B que apresenta um intervalo sensivelmente menor ente os níveis 0-3175, que explica o ton arroxeadado da imagem.

O motivo das diferenças significativas de tonalidade e brilho vistas na Figura 1 é comum e ocorrem na exibição de imagens, de 8 ou 16 bits/pixel/banda, nos softwares de sensoriamento remoto, porque elas sofrem automaticamente um aumento de contraste linear diferente para cada banda. No Envi a alteração de contraste pode ser identificada e foram: para a banda R *stretch* foi entre 594-2244; para a banda G entre 740-2140 e para a banda B foi entre 767-1677.

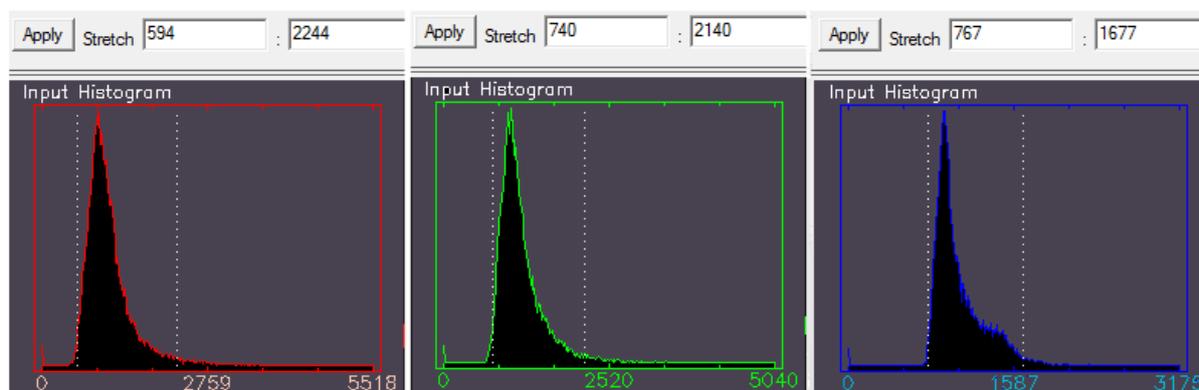


Figura 5. Histogramas da imagem com 16 bits obtidos do ENVI.

2.2 Visualização e processamento

Os programas de sensoriamento remoto aplicam uma compressão linear para a visualização de imagens de 16 em monitores de 8 bits que difere do modo que a mesma imagem é aberta em programas gráficos como o Paint Shop Pro® ou Adobe PhotoShop®.

Além disso ocorrem outras diferenças de tonalidades provocadas pelos sistemas de cores (Wyszecki e Stiles, 1982) adotados em cada programa.

A visualização mais próxima dos tons registrados originais pode ser obtida com a manipulação de histogramas nos próprios programas. No Envi, pode ser feito a partir de duas sequências: uma começando da função > *Basic Tools*>*Stretch Data*, quando aparecem as opções: a) *Linear*, b) *Equalize*, c) *Gaussian* e d) *Square Root*, neste caso a imagem resultante pode ser salva também com 16 bits. A outra sequência no Envi é processar pela opção via tela da imagem:> *Enhance*>*Interactive Stretching*> *Stretch Type* com as opções *Linear*, *Piecewise Linear*, *Gaussian*, *Equalization*, *Square Root*, *Arbitrary* e *User Defined LUT*. Após escolhido o tipo de *stretch* a operação continua em *Options*>*Histogram Parametes*> *Histogram*>*Aply*, sendo gerada apenas imagens em 8 bits. Esta operação em cada banda torna as tonalidades da imagem mais uniformes entre as zonas claras e escuras (Figura 6).

O Erdas ao abrir a imagem de 16 bits também efetua operação similares ao do ENVI e alteração de 16 para 8 bits é conseguida com a função o *rescale*. Também existem dois caminhos para o processamento. Um deles começa no grupo *Multispectral*> *General Contrast* > com as opções: *Constant value*, *Dynamic Range Adjust*, *Gama*, *Gaussian*, *Histogram Equalization*, *Invert*, *Level Slice*, *Linear*, *Min-Max*, *Percentage LUT* e *Standard Deviations*. A outra opção é abrir a aba *Raster*>*Radiometric*> *Rescale* que tem as opções *Min-Max* e *Standard Deviations*.

As opções *Linear* e *Min-Max* são ambas lineares e aplicam a compressão pela fórmula:

$$PixelOut = \frac{(PixelIn - MinIn) * (MaxOut - MinOut)}{(MaxIn - MinIn) + MinOut} \quad (1)$$

Em que: *PixelOut*, é o nível de cinza ou valor do pixel de saída (8bits); *PixelIn*, valor do pixel de entrada (16bits); *MinIn*, menor valor da imagem de entrada (16bits); *MaxIn*, maior valor da imagem de entrada (16bits); *MinOut*, menor valor da imagem de saída (8bits); *MaxOut*, maior valor da imagem de saída (8bits).

As funções ou operadores de mapeamento de tons de HDR para visualização em monitores de 8 bits são classificados em globais, quanto são aplicados para todos os pixels da imagem de entrada e locais, quando tentam reproduzir os contrastes globais e locais. Nesta pesquisa foram testados os globais, por serem de mais fácil implementação e uso.

As funções de transformações de intensidades no Matlab são: *imadjust* que pode ser usada para transformar de 16 para 8 bits; com sintaxe `j = imadjust(i,[low_in; high_in],[low_out; high_out],gamma)`; *stretchlim* que encontra os níveis mínimos e máximos da imagem com sintaxe `[low_high] = stretchlim(i,tol)` que retorna um par de valores a ser usado em *imadjust* para aumentar o contraste da imagem (Gonzales et al,2004). As outras funções indicadas em Gonzales et al 2004) são a transformação logarítmica e aumento de contraste. A função logarítmica tem forma semelhante à função gama que é usada para converter a resposta de registro linear dos sensores tipo CCD para uma curva mais próxima da visão humana que não é linear (Wyszecki, 1982) mas tem formato fixo enquanto a gama muda conforme o expoente da função. A função logarítmica é do tipo:

$$g = c * \log(1 + \text{double}(f)) \quad (2)$$

em que *g* é a imagem de saída, *c* uma constante e *f* a imagem de entrada. O logaritmo pode ser de base 10 ou base 2. Em Matlab após a transformação é preciso converter *g* para 8 bits usando a função `im2unit8(mat2gray(g))`.

A função de aumento de contraste tem a forma (Gonzales et al,2004):

$$s = T(r) = \frac{1}{1+(m/r)^E} \quad (3)$$

em que r é a intensidade da imagem de entrada; s a intensidade da imagem de saída; E controla a inclinação da função; m é um valor escolhido de modo que valores menores são comprimidos para o escuro e maiores para mais claro. A implementação em Matlab para a imagem de I16 (16 bits) e saída na imagens I8 (8 bits) fica:

$$I8 = 1./(1 + \left(\frac{m}{\text{double}(I16)+\text{eps}}\right)^E) \quad (4)$$

em que a constante eps é um valor muito pequeno para evitar divisão por zero.

O Matlab tem disponível ainda a função `tonemap` para imagens de HDR com sintaxe `rgb = tonemap(hdr, 'AdjustLightness', [low high], 'AdjustSaturation', [], 'NumberOfTiles', [2 2])` que também será avaliada neste artigo para a imagem de 16 bits.

Um operador tipo global que dá bons resultados com imagens HDR e usa mapeamento logarítmico (Reinhard et al, 2002; Banterle et al, 2011) é o seguinte:

$$I8 = \frac{\log_{10}(1+q.I16(x))}{\log_{10}(1+k.I16(max))} \quad (5)$$

em que as constantes q e $k \in [1, \text{infinito}]$ são selecionadas conforme o contraste da imagem original e a aparência desejada da saída; $I16(max)$ é o valor máximo da luminância ou da intensidade registrada.

3. Resultados e Discussões

O recorte foi processado com os programas e com as funções próprias e implementadas em Matlab. Outros sub recortes do recorte foram também processados para verificação de valores de constantes e outras comparações mas apenas os resultados com o recorte da Figura 2 são mostrados.

3.1 Imagens processadas no Envi e Erdas

O recorte foi processado no Envi, após retirar os *stretches* introduzidos automaticamente em cada banda, com todas as funções. As funções que deram bons resultados e semelhantes entre si foram *Stretch Linear* e *Square Root*. Com *Stretch Linear* o resultado é um pouco mais escuro e é mostrado na Figura 6.

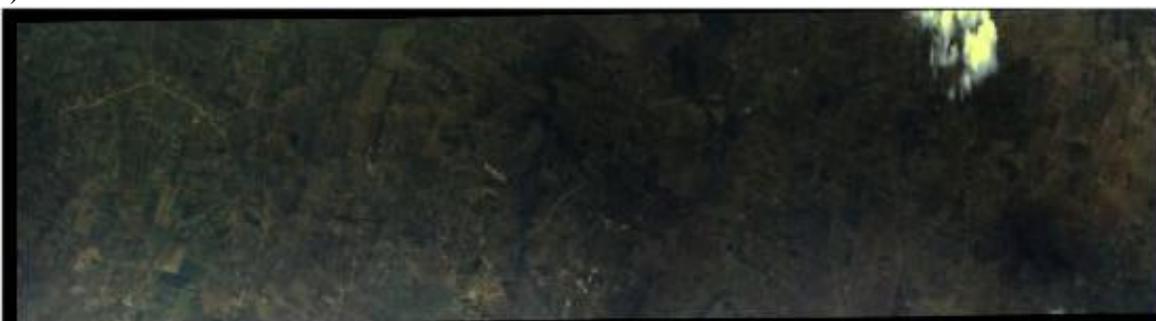


Figura 6. Processado no Envi com *Stretch Linear*.

Os processamentos com o Erdas foram realizados com o recorte e com a imagem completa e as operações que deram bons resultados foram o Min-Max, DynamicRange e Linear. Os dois primeiros o resultado é bastante similar ao Envi, com ton arroxeadado (Figura 7a) e com o Linear é a saída é mais esverdeada. (Figura 7b)



a)



b)

Figura 7. Resultados do processamento da faixa no Erdas. a) Min-Max e DynamicRange. b) Linear

3.2 Imagens processadas no MatLab

O recorte foi processado no Matlab com as funções existentes e com as implementadas. Com a função `tonemap` o resultado está na Figura 8. Com as funções encadeadas $I8 = \text{im2uint8}(\text{mat2gray}(I16))$ o resultado está na Figura 9. A equação 4 foi aplicada com as constantes $m=200$ e $E=20$ e o resultado está na Figura 10. A equação logarítmica 2 foi implementada usando \log_{10} e \log_2 seguida das outras funções de conversão para 8 bits e aumento de contraste ($m=250$, $E=10$) com a sequência: $I_{\log} = \log(c + \text{double}(I16))$; $I_{\log 8} = \text{im2uint8}(\text{mat2gray}(I_{\log}))$; $I_8 = 1 ./ (1 + (m ./ (\text{double}(I_{\log 8}) + \text{eps})).^E)$ e resultado mostrado na Figura 11. A alteração de \log_2 para \log_{10} na equação 2 dá resultados similares, apenas os valores das constantes m , E mudam conforme sejam os contrastes e formas dos histogramas RGB da imagem original. São necessários alguns testes para encontrar os valores adequados ao resultado desejado. Com valores inadequados as imagens resultantes variam do branco ao preto. Usando a equação 5 implementada em Matlab com as constantes $q=0.01$ e $k=1.0$ resultou na Figura 12.



Figura 8. Resultado com a função `tonemap` do Matlab.



Figura 9. Resultado com as funções `im2uint8(mat2gray(I16))` do Matlab.



Figura 10. Resultado com a equação 4 no Matlab.

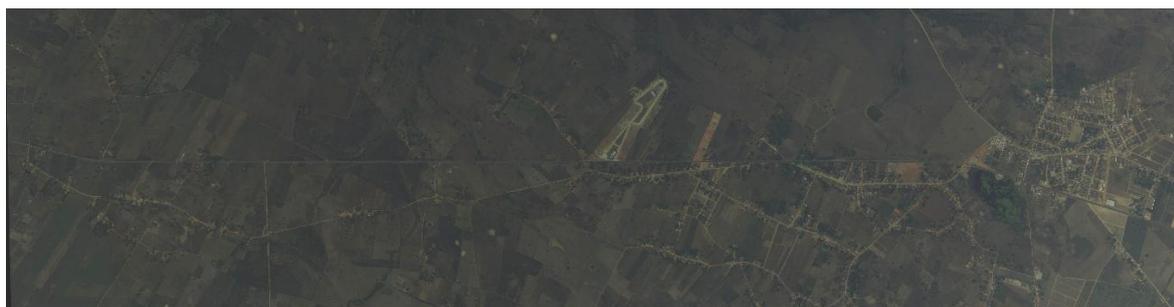


Figura 11. Resultado com a equação logarítmica 2 no Matlab.

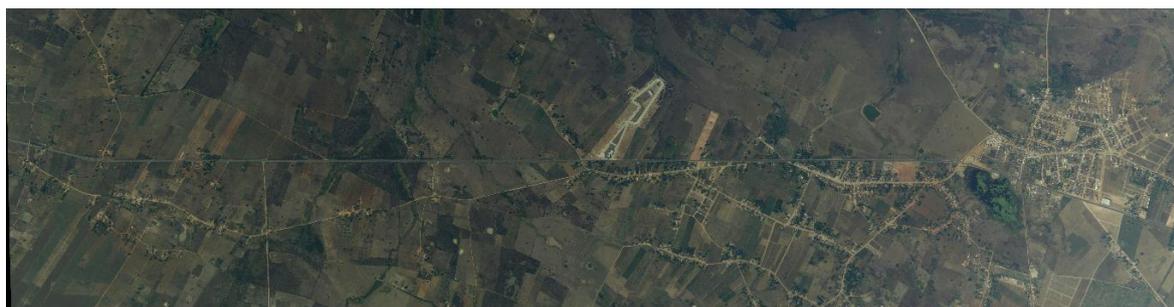


Figura 12. Resultado com a equação 5 (operador global de Reinhard) no Matlab.

4. Discussão dos Resultados

Ao usar as funções adequadas existentes no programas Envi e Erdas a aparência de imagens de 16 bits passa a ter intensidade mais uniforme entre as áreas claras e escuras (Figuras 6 e 7). O processamento pode ser aplicado apenas para visualização durante os trabalhos ou para gerar imagem de 8 bits. Uma opção para quem não disponha do Envi ou Erdas é usar o visualizador ER Viewer.

No Matlab a pronta `im2uint8(mat2gray(I16))` e a implementada equação logarítmica 2 têm resultados similares aos contrastes lineares do Envi e Erdas; enquanto a função `tonemap`

(de imagens HDR) e as implementações das equações 4 e 5 (Operador de Reinhard) resultam em imagens com mais contraste.

De modo mais geral os processamentos com os ajustes lineares dos programas e algumas funções resultaram em imagens escuras com tons arroxeado e pouco contraste, embora os detalhes estejam visíveis nas áreas claras e escuras.

5. Conclusões

As imagens com alto contraste de 16 bits por pixel por banda dos novos sensores digitais na visualização em 8 bits sofrem um ajuste do histograma introduzido automaticamente pelos programas de sensoriamento remoto, que podem alterar significativamente as tonalidades originais e haver perda de muitos detalhes tanto nas áreas claras, como nas escuras, se não forem tomados alguns cuidados de processamento e usando as funções adequadas existentes nos programas como Erdas e Envi.

Também foram testadas algumas funções disponíveis no MatLab e implementadas várias outras que funcionaram bem visualização e conversão de imagens de 16 bits para 8 bits.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao 1º/6ºGav pela cessão das imagens da câmera ADS-80 e ao CNPq pelo apoio a essa pesquisa, Processo 482328/2012-6 Chamada Universal 14/2012.

4 Referências Bibliográficas

- Ashikhmin, A. **A Tone Mapping Algorithm for High Contrast Images**. In: 13th Eurographics Workshop on Rendering. Italy, 2002. EGRW Preceedins..p. 145-156. ISBN: 1-58113-534-3. Disponível em <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=581916&CFID=596828910&CFTOKEN=42065576>. Acesso em 15/ mar/ 2009.
- Banterle, A; Artusi, A; Debattiste, K; Chalmers, A. **Advanced High Dynamic Range Imaging: Theory and Practice**. Natick, Massachusetts: A.K. 2011. 260 p.
- Gonzalez, R. C; Woods, R. E.; Eddins, S. L. **Digital Image Processing Using Matlab**. New Jersey: Pearson Prentice Hall. 2004. 609p.
- Intergraph. **Erdas ER Viewer 2014 v14.01**. Disponível em: <http://download.intergraph.com/downloads/erdas-er-viewer-2014-v14.01>. Acesso em 02/nov/2014.
- Leica. **Leica ADS 80 Airborne Digital Sensor Digital Airborne Imaging Solution**. Airborne Heerbrugg, Suíça: Leica Geosystems AG. Airborne . Disponível em: http://www.leica-geosystems.com/downloads123/zz/airborne/ads80/brochures-datasheet/ADS80_datasheet_en.pdf. 2011. Acesso em 15/Set/2014.
- Multispec. **MultiSpec A Freeware Multispectral Image Data Analysis System**. Purdue Teseach Foundation. 2014. Disponível em : <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/> Acesso em 10/10/2014.
- Reinhard, E; Stark, M; Shirley P; Ferwerda J. **Photographic Tone Reproduction for Digital Images**. In: ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH '02). Precedins of the SIGGRAPH 2002. p. 267-276. Disponível em: http://www.cmap.polytechnique.fr/~peyre/cours/x2005signal/hdr_photographic.pdf Acesso em Acesso em 15/ mar/ 2009.
- Reinhard, E; Ward, G; Pattanaik, S; Debevec, P. **High Dynamic Range Imaging Acquisition, Display and Image-based Lghting**. Morgan Kaufmann Publisher. 2006. 502 p.
- Wyszecki, G; Stiles, W. S. **Color Science Concepts and Mehods, Quantitative Data and Formulae**. 2nd Edition. New York: Jonh Wiley & Sons. 1982. 950 p.