

## Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa

Giovanni de Araujo Boggione  
Marcos Vinicius Alexandre da Silva  
Nelito Rodrigues de Carvalho Junior  
Thiago Lima Teles  
Nilton Ricetti Xavier de Nazareno

Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – CEFET-GO  
Rua 75 - nº. 46 – Centro CEP 74055-110 – Goiânia – GO, Brasil.

giovanni@cefetgo.br  
marcosalexandre\_geo@hotmail.com  
nrcj@hotmail.com  
thiagoteles@gmail.com  
nazagyn@gmail.com

**Abstract.** This work has an objective to demonstrate in general way some characteristics about spatial resolution by satellite images. That is the maximum or ideal scale of work that can be applied in those images considering the IFOV and EIFOV. The IFOV is demonstrated in standard definitions, like the academic method or the commercial method. However we can determine what are really in the satellite images by using the calculations and visual analyses as a methodology. When the spatial resolution has a high value there is a significant difference between IFOV and EIFOV, so when this difference is smaller the spatial resolution will be small as well.

Palavras-chave: Resolução Espacial, Escala, IFOV, EIFOV, Spatial Resolution, Scale, IFOV, EIFOV.

### 1. Introdução

O uso de Sensoriamento Remoto vem se tornando muito comum em nosso dia a dia. Diante deste fato, o número de usuários cresceu bastante nestes últimos anos e com esse crescimento, as dúvidas sobre algumas técnicas, métodos, problemas e teorias tornaram-se cada vez mais frequentes.

Como principal produto oriundo desta tecnologia, as imagens digitais, ainda reservam alguns questionamentos no que tange a sua utilização e manipulação. Dal Poz (2001) sugere que as características nas imagens digitais podem ser extraídas de duas formas: pelo modelo intrínseco, que são suas características geométricas, radiométricas e topológica, e pelo modelo contextual, onde se dá a relação do objeto com outros objetos dentro da análise da imagem.

No espaço-imagem, de modo geral, a aparência do objeto é mostrada dependendo basicamente da sensibilidade espectral do sensor e sua resolução espacial nominal, sendo essa, a capacidade do sensor em visualizar e diferenciar os objetos na área da imagem. Desta forma, sem levarmos em conta as imperfeições dos sensores, quanto melhor a resolução espacial, maior é o nível de detalhamento desta imagem.

Segundo Dal Poz (2001), as imagens de baixa resolução (*pixels* maiores de dois metros no terreno) apresentam o objeto sem distinção visual clara em sua estrutura. Ao contrário, em imagens de média e alta resolução (*pixels* menores que dois metros no terreno) os objetos são visualizados de forma detalhada, com estrutura realçada, o que torna ótimo o trabalho em grandes escalas. Portanto, a escala de trabalho é fator primordial na escolha da imagem de satélite a ser utilizada nas diversas aplicações.

Mas a tarefa de determinar a escala de trabalho em imagens de satélite não é tão simples e nem tão trivial como parece. Por não existir nenhuma regra que seja específica e que trate de

uma maneira única, direta e forneça um resultado satisfatório para determinar a escala máxima de trabalho em imagem de satélite, surgem dúvidas sobre a eficácia de alguns métodos usados atualmente. Estes métodos não levam em consideração os problemas sofridos na plataforma no momento do imageamento, bem como os fatores característicos de cada satélite, como, por exemplo: tamanho do detector, limitações do filtro eletrônico, canal de transmissão, difração óptica, funções de transferência do detector, distúrbios da plataforma e também fatores que influenciam (independente da plataforma) na formação da imagem, como os efeitos atmosféricos.

## 2. Parâmetros de desempenho das imagens

As regras existentes na elaboração de cartas imagem normalmente levam em consideração apenas a resolução espacial nominal de cada satélite, também conhecida por IFOV (*Instantaneous Field of View*), que corresponde à área, em projeto, definida para corresponder a projeção de um só detector sobre a superfície da Terra levando em conta uma dada altitude num certo instante de tempo.

Por conta dos problemas que influenciam na formação da imagem, citados anteriormente, a projeção do detector acaba por ocupar uma área maior do terreno, o que faz com que o sistema gere imagens com aspecto borrado. Normalmente esta área maior é alocada num pixel de tamanho menor. Desta forma fica bem estabelecida a relação entre IFOV e tamanho do pixel. O IFOV é a projeção do detector. Parâmetro característico do próprio projeto do sistema. O tamanho do pixel tem a ver com a amostragem em terreno e este pode ser reamostrado conforme a necessidade do usuário.

Diante deste panorama, avaliar o desempenho do sistema levando em conta as degradações no processo de geração da imagem pode ser uma alternativa interessante. O EIFOV (*Effective Instantaneous Field of View*), segundo Boggione (2003), é uma medida de desempenho do sistema que é particularmente pessimista com relação à detectabilidade de detalhes em cena. É conhecido como a resolução espacial efetiva do sistema.

De acordo com Fonseca et al. (1993), por definição, o EIFOV equivale ao inverso do dobro da frequência espacial para a qual a Função de Transferência de Modulação (FTM) é igual a 0,5.

Na Equação 1,  $u_w$  é frequência espacial em que a FTM é igual a 0,5 e *PIXEL* é o tamanho do *pixel* em metros.

$$EIFOV = \frac{1}{(2 * u_w)} * PIXEL \quad (1)$$

A resolução efetiva do sensor leva em conta outros fatores que também contribuem para a degradação da resolução espacial nominal, tais como os efeitos da óptica, detector, eletrônica, processo de amostragem e outras condições adversas (movimento da plataforma ou turbulência).

De uma maneira geral o EIFOV assume um valor de área projetada em solo maior do que a área estabelecida em projeto. Isso gera uma degradação na imagem, pois o sensor acaba registrando informações que não fazem parte do IFOV do sensor como mostra a Figura 1.

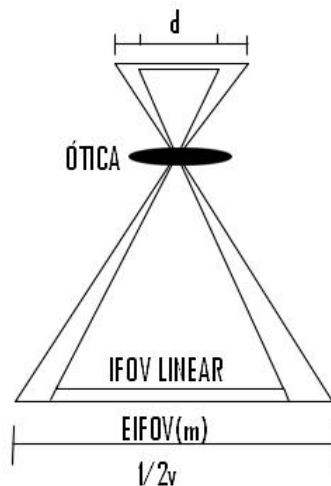


Figura 1. Definição de EIFOV; d é a dimensão do detector.

### 3. Padrão de Exatidão Cartográfica em Imagens de Satélite

Os requisitos de qualidade impostos pela legislação brasileira, no Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984, estabelece nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, que 90% dos pontos bem definidos na carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro no terreno superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) estabelecido. As cartas consideradas classe A apresentam um PEC igual a 0,5 mm, na escala da carta (Brasil, 1986).

De acordo com esta norma e aproximando os valores de IFOV (resolução espacial nominal), a escala das imagens de sensoriamento remoto é determinada fazendo uma relação direta entre o 0,5 mm e o IFOV. Ao determinar o 0,5 mm como menor valor da relação na carta, pode-se estipular que a resolução espacial nominal representa, também, o menor elemento da carta. Desta forma, o valor da escala em uma imagem seria representada pela Equação 2:

$$Escala = \frac{1}{2 * IFOV * 1000} \quad (2)$$

### 4. Metodologia e Resultados

Para a realização deste trabalho, optou-se por escolher alguns sensores em que o EIFOV já havia sido calculado e avaliado. Dentre os sensores escolhidos estão: TM/Landsat 5, ETM+/Landsat 7, CCD/CBERS-2 e HRV/SPOT3. É interessante comentar que os valores de EIFOV calculados para os sensores mencionados podem ser obtidos através de modelos teóricos ou experimentais. Pelo modelo teórico, uma aproximação de uma função gaussiana é determinada levando em conta a função de transferência de modulação da óptica, do filtro eletrônico e do detector. Normalmente estes parâmetros de MTF são medidos pelos desenvolvedores dos sensores. Já a abordagem experimental, leva em conta os valores de pixels medidos em áreas de alto contraste e que estejam na mesma trajetória da órbita da

plataforma orbital. Para maiores detalhes sobre determinação da FTM, pesquisar em Storey (2001) e Bensebaa (2005).

A Tabela 1 apresenta os valores de resolução espacial nominal (IFOV) projetados para os sensores mencionados

Tabela1. IFOV dos sistemas Landsat, CBERS 2 e SPOT 3

Landsat 5	Landsat 7	CBERS 2	SPOT 3
30 m	30 m	20 m	20 m
	15 m (pancromática)		

De acordo com a padronização utilizada na determinação da escala em imagens orbitais (padronização esta, utilizada tanto pelo meio acadêmico, quanto pelo mercado), os sensores citados apresentariam as seguintes escalas máximas, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Escalas máximas obtidas através do IFOV

Landsat 5	Landsat 7	CBERS 2	SPOT 3
30 m 1: 60.000	30 m 1: 60.000	20 m 1: 40.000	20 m 1: 40.000
	15 m 1: 30.000		

Da Tabela 2 já se pode questionar a utilização de tal método. Levando em consideração que a escala está diretamente relacionada com detalhes da imagem, seria justo, portanto, afirmar que as imagens CBERS 2 possuem, visualmente, mais detalhes que uma imagem Landsat de 30 metros, por exemplo. A imagem CBERS 2 atende à uma escala de até 1:40.000 enquanto que a imagem Landsat 5 atende à uma escala de 1:60.000. Ao observar as Figuras 2 e 3, percebe-se que tal afirmação não é verdadeira. A imagem CBERS 2 em composição 2B3R4G, na Figura 2 apresenta um grau de degradação mais acentuado que a imagem Landsat 5 com mesma composição, na Figura 3, portanto, visualmente se apresenta pior. Este fato torna questionável a padronização. O IFOV não se apresenta como melhor opção para a definição da escala.

Em contrapartida, o EIFOV se mostra um atributo interessante e uma alternativa eficiente para a determinação da escala em imagens de plataformas orbitais.

A Tabela 3 apresenta o EIFOV dos sensores já citados.

Tabela 3. EIFOV dos sistemas Landsat, CBERS 2 e SPOT 3

BANDAS	LANDSAT 5	LANDSAT 7	CBERS 2	SPOT 3
1	41,6 – 45,4	31,25 - 35,35	61 - 36	
2	41,6 – 45,4	33,10 - 36,15	59 - 35	26,59 – 28,1
3	41,6 – 45,4	33,42 - 37,40	58 - 43	28,48 – 29,95
4	41,6 – 45,4	34,74 - 39,16	63 - 37	33,51 – 30,93
5	41,6 – 45,4	34,74 - 34,56	60 - 48	
8		21,03 - 23,94		

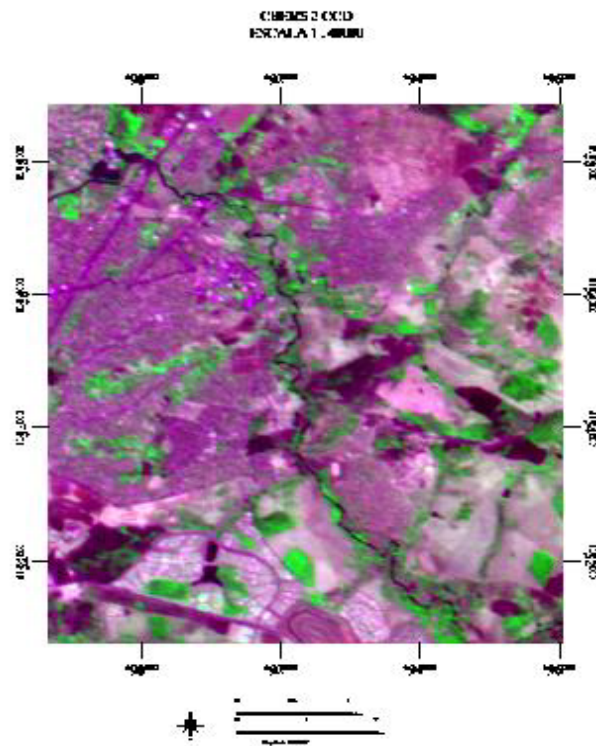


Figura 2. Imagem CBERS 2 em escala 1:40.000

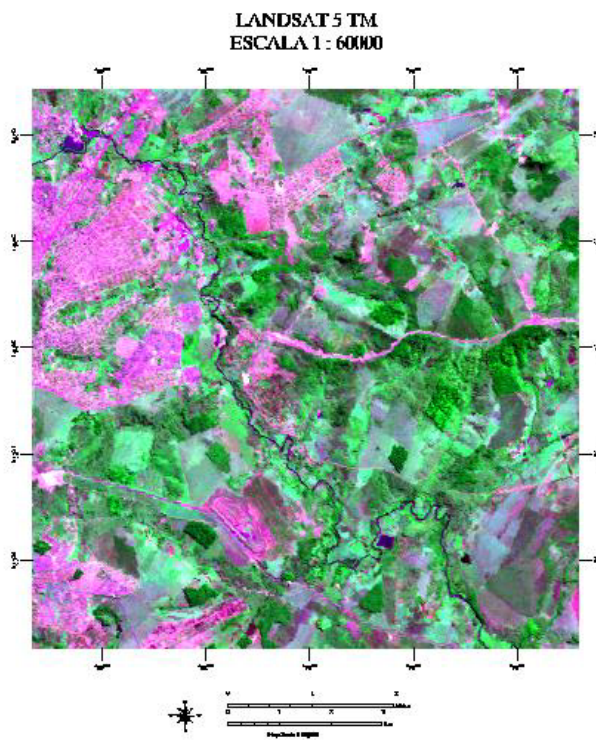


Figura 3. Imagem landsat 5 em escala 1:60.000

Convém observar que a Tabela 3 apresenta dois valores para cada banda de cada sensor. Estes valores representam o EIFOV calculado na direção cross scan ( varredura cruzada que determina as linhas da imagem) e along scan (varredura em função da trajetória que determina as colunas da imagem) respectivamente. De maneira simples, estes valores determinam a área realmente coberta pela projeção do detector na superfície. É interessante observar que a área coberta não é quadrada, o que mostra que a degradação não ocorre da mesma maneira nos dois sentidos de varredura e também não é igual para todas as bandas, salvo o sistema Landsat 5.

Como metodologia alternativa para determinação da escala, seria interessante reduzir a quantidade de dados que possam sintetizar os valores calculados.

A Tabela 4, portanto, apresenta estes valores compilados e a escala dentro do padrão de exatidão cartográfica utilizando o EIFOV.

Tabela 4. Escalas máximas obtidas através do EIFOV

Landsat 5	Landsat 7	CBERS 2	SPOT 3
43 m 1: 86.000	35 m 1: 70.000	50 m 1: 100.000	30 m 1: 60.000
	22 m 1: 44.000		

Os valores foram compilados utilizando uma média aritmética simples que apresentou resultados considerados satisfatórios, já que o presente trabalho não tem a pretensão de propor uma nova padronização na determinação de escalas, mas sim, propor uma abordagem alternativa.

Explorando esta abordagem alternativa, as Figuras 4 e 5 apresentam as imagens utilizando a escala em função do EIFOV. Nota-se que existe uma maior coerência visual nas escalas apresentadas. A Figura 4 apresenta a imagem CBERS 2, composição 2B3R4G, ajustada à escala proposta e a Figura 5, a imagem Landsat 5 na mesma composição.

## 5. Considerações finais

Este trabalho apresentou uma proposta alternativa para determinação da escala máxima de trabalho em imagens de sensoriamento remoto levando em conta o parâmetro EIFOV que avalia o sistema de forma pessimista e pondera as degradações existentes no processo de geração da imagem. Fica evidente uma maior coerência na relação dos dados que geram as cartas imagem e a escala final. O parâmetro IFOV não pode ser considerado um parâmetro confiável, já que os valores projetados, normalmente, apresentam variações quando medidos em operação.

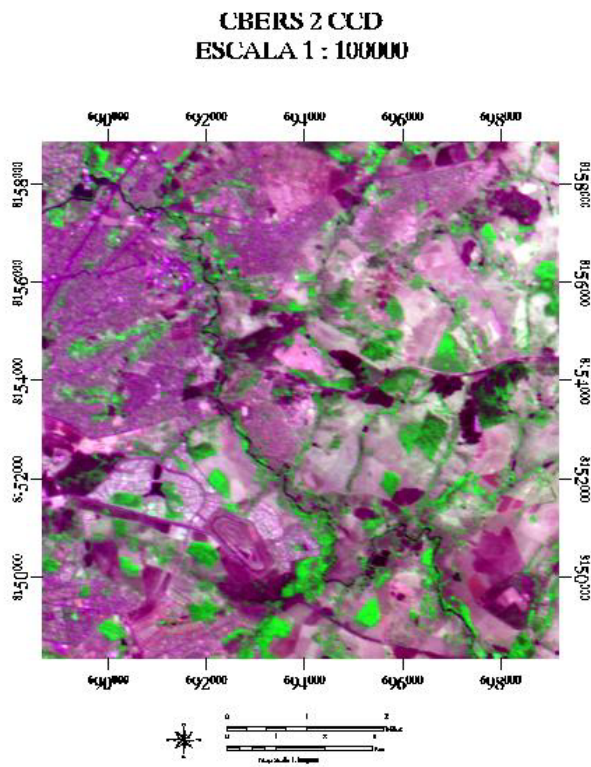


Figura 4. Imagem CBERS 2 em escala 1:100.000

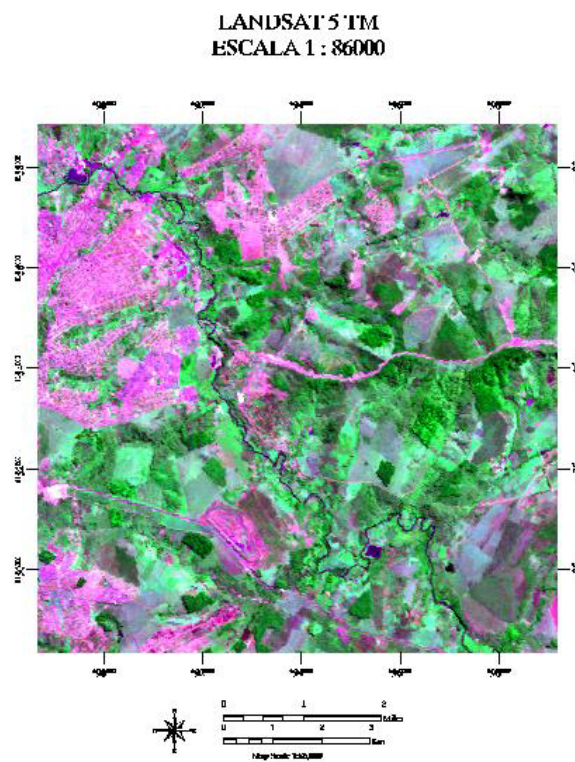


Figura 5. Imagem Landsat 5 em escala 1:86.000

## 6. Referências

Bensebaa, K. **Estimação da resolução espacial da câmera CCD dos satélites CBERS 1 e 2**. Disponível em < <http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/05.25.18.15> >. Acesso em 30.Out.2008.

Boggione, G. A. **Restauração de imagens do satélite Landsat-7**. 2003. 160 p. (INPE-10462-TDI/929). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004;

Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia. Comissão de Cartografia. **Cartografia e Aerolevanteamento - Legislação**. Brasília, 1986. Cap. II, p. 26-27.

Dal Poz, A. P. **Modelos e estratégias para a extração da malha viária em imagens digitais**. Série em ciências geodésicas: 30 anos da pós-graduação em ciências geodésicas no Brasil, v. 1, p. 161-180, 2001;

Fonseca, M.G.; Prasad, G.S.S.D. e Mascarenhas, N.D.A. **Combined Interlution – Restoration of Landsat Images Through a FIR Filter Design Techniques, International Journal of Remote Sensing**. 14(13), PP. 1247-2561, 1993

Storey, J. C. **Landsat 7 on-orbit modulation transfer function estimation**. US Geological Survey EROS Data Ctr./Raytheon Technical Services. Proc. SPIE, Vol. 4540, pp. 50-61, 2001.