

A relação sinal/ruído como parâmetro de avaliação da qualidade de imagens de sensoriamento remoto

Raquel Reis da Silva
Giovanni de Araújo Boggione
Alexandre de Souza Garcia

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - GO
CEP: 74055-110. - Goiânia - GO, Brasil

kell_2a@hotmail.com
giovanni.boggione@ifg.edu.br
alexgarcia.br@gmail.com

Abstract. The production of images, with radiometric and geometric quality suitable for various applications in the area of remote sensing, depends directly on the performance of the sensors on board satellites. Among the various existing parameters, the Signal/Noise Ratio in the satellite images is an important indicator for the assessment of data quality and performance of satellite sensors throughout its operational life. Methods for analyzing the Signal/Noise Ratio established by the scientific community have been described pointing their advantages and disadvantages as well as the performance of each method based on his theories. In this work we were estimated relations Signal/Noise using the Local Variance Method using samples taken from homogeneous areas of the following sensors: OLI Landsat-8 satellite and MUX / WFI / PAN CBERS-4 satellite. The results obtained in the experiments responded to this proposed work, which was to assess whether the results were within the sensor specifications, and the Local Variance Method is effective, easy to apply and with a certain reliability of its results.

Palavras-chave: Satellite Images, Radiometric Quality, Sensor Performance, Local Variance Method, Imagens de Satélite, Qualidade Radiométrica, Desempenho do Sensor, Método da Variância Local.

1. Introdução

O imageamento por sensores remotos é uma importante fonte de informações geográficas, estabelecendo uma ferramenta interessante para o crescimento em diversos ramos da atividade humana. O constante desenvolvimento de técnicas de obtenção e processamento de imagens digitais possibilita o detalhamento das informações com precisão dos dados registrados na superfície terrestre.

As imagens de satélites são formadas por um arranjo de elementos produzidos pela interpretação eletrônica de sinais proveniente de um grupo de detectores, sobre o qual é projetada a radiação oriunda da superfície imageada (Maldonado e Santos, 2007).

No decorrer do processo de aquisição de dados pelos sensores orbitais, vários fatores causam distorções radiométricas e geométricas nas imagens, como a falta de calibração, o ângulo zenital do Sol, a distância da Terra para o Sol, o desgaste dos detectores devido ao tempo que se encontram em órbita, o fator de reflectância bidirecional, a condição em que a atmosfera se encontra, o tipo do relevo e as mudanças ocasionadas nas características físicas dos alvos. Estas variações no produto resultante interferem na capacidade de extrair as informações corretas das imagens.

Em função do exposto, faz-se necessária a avaliação da qualidade da imagem na fase de pré-processamento. Para tanto, são calculados os parâmetros que medem o desempenho do sensor em órbita, comparados com os parâmetros definidos nas especificações do projeto do sensor.

Esta avaliação é um procedimento padrão para assegurar a interoperabilidade (comparação/cominação) e consistência dos produtos gerados bem como a correção de possíveis distorções presentes nas imagens garantindo a qualidade dos dados. Quanto mais

próximo da realidade for a relação entre a reflectância de um alvo e o nível de cinza de seu *pixel* referente, melhor será a qualidade radiométrica da imagem (Fonseca et al., 2004).

Assim, a qualidade da imagem produzida pelos sensores é avaliada antes e após o lançamento do satélite.

Antes do lançamento, os testes são realizados em laboratório e consistem em avaliar se as especificações de projeto foram atendidas e determinar os parâmetros de correções que serão utilizados na estação de processamento de imagens (Gouvêa e Fonseca, 2009).

Após o lançamento, as imagens são avaliadas e corrigidas baseando-se nos parâmetros obtidos em laboratório. Durante o tempo de vida operacional do satélite, os testes de avaliação devem ser realizados periodicamente e, quando necessário, os parâmetros de correção devem ser atualizados (Gouvêa e Fonseca, 2009).

Para a análise da qualidade radiométrica da imagem, alguns parâmetros devem ser avaliados, tais como: Relação Sinal/Ruído (*Signal/Noise Relation - SNR*), Desempenho da *MTF (Modulation Transfer Function)*, Calibração Relativa, Calibração Absoluta, Calibração Espectral, Ruídos, entre outros (Fonseca et al., 2004; Yong et al., 2006; Gouvêa e Fonseca, 2009).

A *SNR* de uma imagem é definida como a razão entre o sinal de espectro de potência em relação ao ruído sobreposto a esta potência. O ruído em imagens de sensoriamento remoto degrada a interoperabilidade dos dados.

Nesse trabalho foram destacados alguns métodos para a determinação da Relação Sinal/Ruído (*SNR*), utilizando-se, especificamente, o método da Variância Local onde as amostras foram comparadas objetivando a eficiência radiométrica e uma possível futura recalibração do sensor.

Para a realização deste estudo foram utilizadas imagens dos sensores: *OLI* do satélite *LANDSAT-8* e *MUX/WFII/PAN* do satélite *CBERS-4*.

Portanto, as conclusões obtidas nesse trabalho, visará corroborar com os resultados encontrados pelos pesquisadores do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e apresentar os resultados iniciais da *SNR* nos sensores *MUX/WFII/PAN* do satélite *CBERS-4*.

2. Tipos de Métodos para Avaliação da Relação Sinal/Ruído

As correções efetuadas nas imagens são essenciais para melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais ao analista humano, além de fornecer outros subsídios para a sua interpretação, inclusive gerando produtos que podem ser posteriormente submetidos a outros processamentos (Meneses e Almeida, 2012).

Os métodos utilizados para avaliar a *SNR* são imprescindíveis para determinar a qualidade das imagens. Algumas técnicas mais clássicas e eficazes, utilizadas para a avaliação da qualidade radiométrica das imagens em sensoriamento remoto, estão descritas a seguir (ZHU BO, et al. 2010):

1. Método da Variância;
2. Método da Variância Local;
3. Método da Variância Local baseado na Remoção de Blocos com Bordas;
4. Método da Variância Local baseado na Distribuição Gaussiana;
5. Método da Descorrelação; e,
6. Método da Geoestatística.

2.1 Método da Variância

O método da variância consiste em selecionar uma área grande uniforme na imagem e calcular a média e o desvio padrão dos *pixels* dessa região. A *SNR* estimada será a razão entre o valor da média (\bar{D}) e o desvio padrão (σ), conforme Equações 1 e 2.

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{N} \quad (1)$$

Onde, D_i representa o valor radiométrico de cada *pixel*, \bar{D} representa a média.

$$N_p = \sqrt{\frac{1}{nl} \sum_{l=1}^{nl} [D_{lp} - D_{pm}]^2} \quad (2)$$

Onde D_{lp} é o valor do *pixel* da região selecionada, D_{pm} o valor médio dos níveis de cinza da linha desta região, nl o numero de linhas selecionadas e N_p o desvio padrão.

Esse método sofre grande influência dos alvos na superfície atmosférica e exige que o operador selecione manualmente a área desejada para efetuar os cálculos.

Outra desvantagem dessa técnica é a possibilidade de encontrar grandes zonas homogêneas dentro da cena. Zhu Bo et al. (2010) salientam que, se os cálculos forem feitos em função de uma área uniforme, porém menor, o resultado da caracterização do nível da *SNR* de toda a imagem será afetada.

2.2 Método da Variância Local

Devido à dificuldade de se encontrar áreas uniformes adequadas para o experimento, Lee e Hoppel (1989) desenvolveram um método para calcular a variância local, onde propuseram dividir uma imagem em partes pequenas de 4 X 4 *pixels* ou 8 X 8 *pixels*, supondo que os objetos terrestres nessa área sejam homogêneos. Logo, calcula-se separadamente o desvio padrão (N_p) e a média da *SNR* calculada cada área, utilizando as equações 1 e 2. A unidade de medida para calcular a *SNR* é dada em decibel (*dB*), conforme a Equação 3:

$$SNR_{cat} = 20 \log_{10} \left(\frac{D_{pm}}{N_p} \right) dB \quad (3)$$

Este tipo de método é mais eficaz para o cálculo em áreas homogêneas, pois, dependendo do resultado da uniformidade terrestre, o valor do ruído poderá ser diferente, e a robustez do método torna-se insuficiente. A área que tem maior número de amostras pode ser formada por fragmentos desiguais, possibilitando uma diferença acentuada na avaliação dos ruídos na imagem e diminuirão a exatidão e a confiabilidade do método (Zhu Bo, et al., 2010).

A comparação entre os métodos está representada no Quadro 1 e o significado dos identificadores de comparação dos métodos no Quadro 2.

Quadro 1 - Comparação dos métodos para estimar a *SNR*.

DESEMPENHO MÉTODO	Grau de Automação	Velocidade de Cálculo	Robustez	Grau de Exatidão	Aplicabilidade	Condições para Calcular a Área
Variância	●	●●●	●	●	●●●	●●
Variância Local	●	●●	●	●●	●●●	●●
Variância Local - Remoção de Blocos com Bordas	●●	●●	●●	●●	●●●	●●●
Variância Local - Distribuição Gaussianas	●●	●●	●●	●●	●●●	●●●
Descorrelação	●●●	●	●●●	●●●	●	●●●
Geoestatística	●	●●●	●	●	●●●	●

Quadro 2 - Significados de identificadores dos métodos.

SIGNIFICADO IDENTIFICADOR	Grau de Automação	Velocidade de Cálculo	Robustez	Grau de Exatidão	Aplicabilidade	Condições para Calcular a Área
●	Seleção manual da área	Normal	Ruim	Geral	Restrita	Uniformidade em colunas e linhas na área
●●	Entre ambos	Relativamente rápida	Norma	Relativamente alta	-	Uniformidade na área calculada
●●●	Automático	Rápida	Boa	Alta	Abrangente	Sem requisição

Fonte: Adaptado de Zhu Bo, et al. (2010).

3. Metodologia

Para avaliar a Relação Sinal/Ruído e verificar se as imagens estão dentro das especificações do projeto, foram realizados os procedimentos demonstrados no Fluxograma Metodológico conforme a Figura 1.

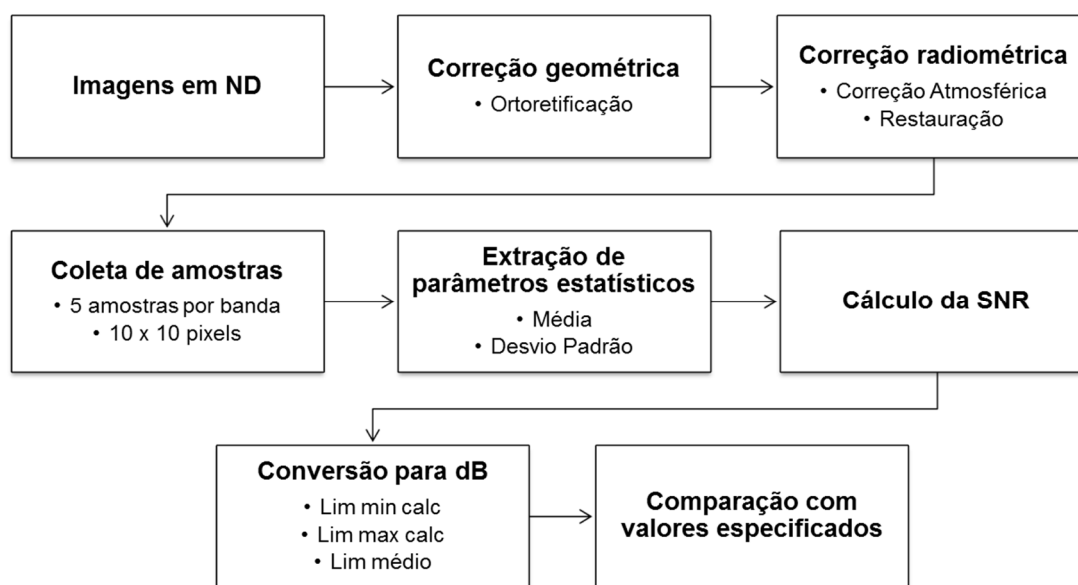


Figura 1. Fluxograma Metodológico

De acordo com Fluxograma, trabalhou-se com imagens em ND, onde realizou-se a correção geométrica através da ortoretificação a fim de torná-las com melhor acurácia e precisão, além de corrigir as deformações sofridas nas imagens devido à plataforma do sensor, do ângulo de aquisição, do relevo, da curvatura e rotação da Terra.

O próximo passo foi fazer a correção radiométrica, realizada através da correção atmosférica e da restauração.

Na correção atmosférica o efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera é atenuado ou eliminado, possibilitando que os alvos, sejam interpretados da mesma forma temporalmente.

Na restauração realizou-se a correção de distorções, degradações e ruídos introduzidos durante o processo de geração de imagens. Essa correção é feita através de filtros específicos para cada sensor e banda espectral, como objetivo reduzir o efeito de borramento.

Em cada região, foram selecionadas cinco amostras (Figura 2) com a dimensão de 10X10

pixels, para cada banda das imagens.

As amostras foram retiradas de regiões que continham superfícies compostas principalmente por água e plantações diversas. Essa composição propiciou que os valores das reflectâncias dos alvos fossem baixos, ou seja, possuíam menor variação entre os níveis de cinza, tornando as amostras mais homogêneas e com a Relação Sinal/Ruído maior.

A localização espacial das amostras está ilustrada na Figura 3, com destaque para a área de plantio em pivô na região do Chapadão Espigão Mestre, próximo a cidade de Luís Eduardo Magalhães no estado da Bahia, e na praia costeira da cidade de Rio de Janeiro - Capital.

Utilizando as Equações (1), (2) e (3) dos itens 2.1 e 2.2, deste trabalho, numa planilha eletrônica, foram calculados a média, o desvio padrão e a *SNR* de cada conjunto de amostras. Os resultados encontrados foram comparados com os parâmetros de *SNR* do INPE.

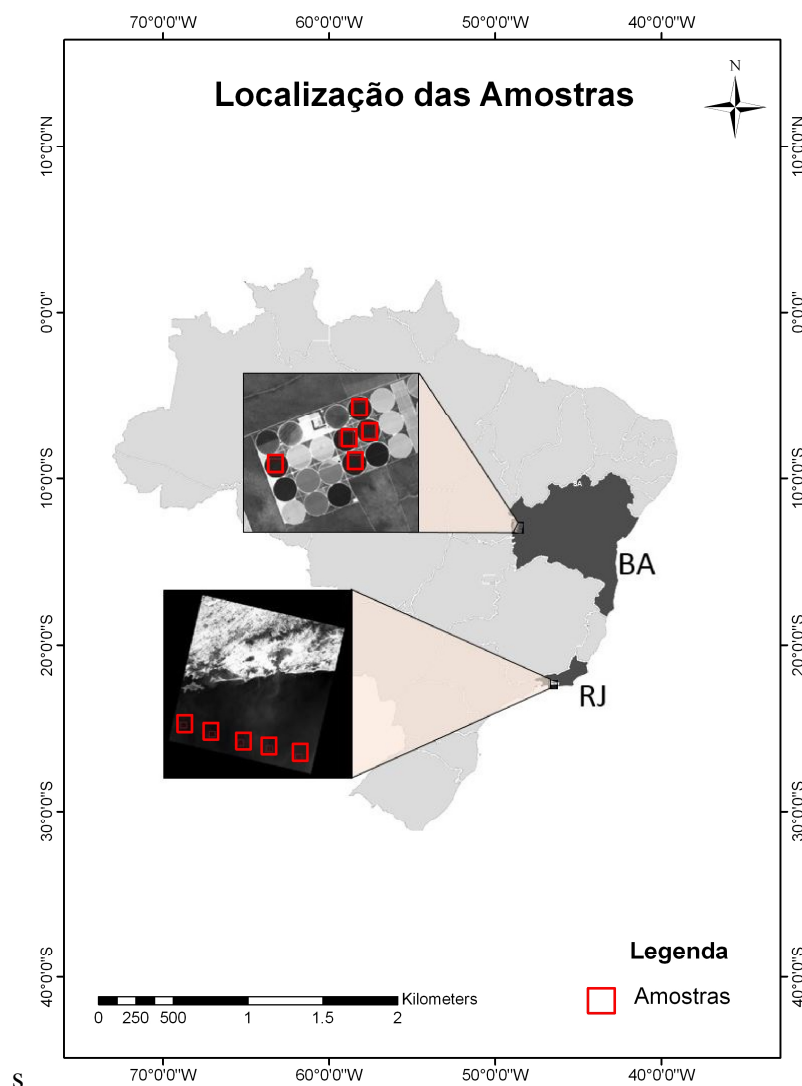


Figura 2 - Localização espacial das áreas de estudo utilizadas no experimento.

4. Resultados

As Tabelas 1, 2, 3 e 4 mostram os parâmetros da Relação Sinal/Ruído medidos antes do lançamento (*SNR* mínimo e máximo especificado), comparando-os aos valores encontrados (*SNR* mínimo e máximo calculado) do satélite *CBERS-4* (Tabelas 1 e 2) e *LANDSAT-8* (Tabelas 3 e 4), tendo como aplicação o método da Variância Local.

A média das amostras de cada banda foi calculada separadamente, devido à possibilidade do resultado de uma amostra contaminada, influenciar no cálculo final do método.

Assim, verificou-se que alguns destes resultados ficaram fora da faixa especificada pelo projeto do sensor. Isso ocorre devido à subjetividade do método, por exemplo, a amostra coletada, ou problemas de funcionamento do próprio sensor.

Tabela 1. Resultados da *SNR* para o Satélite *CBERS-4* - Praia Costeira (RJ).

Ano	Sensor	Banda	<i>SNR</i> - min (dB) spec	<i>SNR</i> - max (dB) spec	<i>SNR</i> - min (dB) calc	<i>SNR</i> - max (dB) calc	Média S/N cal
2015	PAN	B1	25	48	21	30	26
		B2	26	47	20	30	26
		B3	21	45	17	30	23
		B4	20	46	15	25	22
	MUX	B5	>31	>47	31	41	35
		B6	>29	>49	28	34	31
		B7	>23	>49	25	27	26
		B8	>24	>49	26	29	27

Tabela 2. Resultados da *SNR* para o Satélite *CBERS-4* - Luiz Eduardo (BA).

Ano	Sensor	Banda	<i>SNR</i> - min (dB) spec	<i>SNR</i> - max (dB) spec	<i>SNR</i> - min (dB) calc	<i>SNR</i> - max (dB) calc	Média S/N cal
2015	PAN	B1	25	48	38	44	43
		B2	26	47	35	50	43
		B3	21	45	38	48	43
		B4	20	46	45	51	48
	MUX	B5	>31	>47	39	46	43
		B6	>29	>49	40	47	43
		B7	>23	>49	36	39	37
		B8	>24	>49	32	50	40
	WFI	B13	>32	>48	41	54	47
		B14	>31	>48	40	46	43
		B15	>25	>47	36	44	39
		B16	>26	>47	34	45	41

Nas Tabelas 1 e 2 do satélite *CBERS-4* os valores encontrados para a *SNR* mínima das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, da região da Praia Costeira e a *SNR* máxima das bandas 2, 3, 4, 8 e 13, da região de Luiz Eduardo, estão fora dos limiares especificados. De acordo com a média apenas a banda 4, da região de Luiz Eduardo, o resultado não foi condizente.

Tabela 3. Resultados da *SNR* para o Satélite *LANDSAT-8* - Praia Costeira (RJ).

Ano	Sensor	Banda	<i>SNR</i> - min (dB) spec	<i>SNR</i> - max (dB) spec	<i>SNR</i> - min (dB) calc	<i>SNR</i> - max (dB) calc	Média S/N cal
2013	OLI	B1	40	190	54	57	56
		B2	40	190	53	60	59
		B3	30	194	51	60	58
		B4	22	150	50	59	56
		B5	14	150	49	57	55
		B6	4.0	33	23	59	49
		B7	1.7	11	50	61	57
		B8	23	156	17	55	45

Tabela 4 - Resultados da *SNR* para o Satélite *LANDSAT-8* - Luiz Eduardo (BA).

Ano	Sensor	Banda	<i>SNR</i> - min (dB) spec	<i>SNR</i> - max (dB) spec	<i>SNR</i> - min (dB) calc	<i>SNR</i> - max (dB) calc	Média S/N cal
2013	OLI	B1	40	190	57	60	58
		B2	40	190	58	62	60
		B3	30	194	50	59	54
		B4	22	150	51	58	53
		B5	14	150	38	44	41
		B6	4.0	33	43	48	45
		B7	1.7	11	49	52	50
		B8	23	156	50	52	51

Nas Tabelas 3 e 4 do Satélite *LANDSAT-8* os valores encontrados para a *SNR* mínima da Banda 8, da região da Praia Costeira e na *SNR* máxima das Bandas 6 e 7 para ambas as regiões, estão fora dos intervalos estabelecidos. Conforme os resultados da média as bandas 6 e 7, de ambas as regiões, estão fora das especificações.

5. Conclusões

O estudo realizado neste trabalho verificou a qualidade das imagens de satélites, tendo como foco as definições das medidas de desempenho dos sensores em órbita. Para tanto, foi feita uma pesquisa teórica descrevendo as características e análises dos princípios de cada método, visando a estimação da Relação Sinal/Ruído.

Dentre os diversos métodos descritos, optou-se por realizar o experimento com o da Variância Local, por ser de fácil aplicabilidade e possuir certo nível de exatidão. Dessa forma verificou-se se os resultados encontrados para os sensores, *MUX/WFII/PAN* do *CBERS-4* e *OLI* do *LANDSAT-8*, foram compatíveis com as especificações dos projetos das câmeras. Assim foi possível verificar que método utilizado é eficiente para a avaliação da qualidade de imagem, mediante os recursos disponíveis para sua aplicação.

Referências Bibliográficas

FONSECA, L. M. G.; PONZONI, F.; CARTAXO, R. **Radiometric quality assessment of *CBERS-2***. São José dos Campos: INPE, 2004. 55p. (APPL-06-2004, 1.1). Disponível em <http://www.obt.inpe.br/CBERS/documentos/appl_06_2004.pdf>. Acesso em: 10. nov.2013.

GOUVÊA, E. J. C.; FONSECA, L. M. G. **Avaliação da qualidade radiométrica das imagens do satélite *CBERS-2B***. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2041-2048. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15891-PRE/10501). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.53>>. Acesso em: 20 jan.2014.

LEE, J. L; HOPPEL, K. **Noise modeling and estimation of remotely sensed images**, IGARSS, p. 1005-1008, 1989. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=579061&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3F579061>. Acesso em: 24.out.2013.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J. R. **Minimização dos ruídos das imagens *CBERS-2* através da inversão do algoritmo de classificação Isodata em região de Floresta Amazônica**. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5919-5926. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/10.23.12.30/doc/5919-5926.pdf>>. Acesso em: 06 fev.2014.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB, 2012.

ZHU BO; WANG, X.; TANG, L.; LICHUANRONG. **Review on Methods for SNR Estimation of Optical Remote Sensing Imagery**. Remote Sensing Technology and Application. 2010. Disponível em: <<http://www.stmopen.net/review-on-methods-for-SNR-estimation-of-optical-remote-sensing-imagery/>>. Acesso em: 05.set.2013.

YONG, Z.; QIAOYAN, F.; JIANYAN, X.; WENYU, W.; FONSECA, L. M. G.; D'ALGE, J.;ERTHAL, G. J.; MATOS, J. D.; MARIA, S.; SELINGARDI, M. **Procedures for CBERS-2B radiometric and geometric quality assessment and validation**. São José dos Campos: INPE, 2006. 26 p. (APPL-06-2006, 1.1).