

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE FILTROS DE REMOÇÃO DE RUÍDO *SPECKLE* EM IMAGEM SAR (PALSAR-ALOS) COM BASE EM MEDIDAS DE TEXTURA

Erli Pinto dos Santos ¹, Robson Argolo dos Santos ³, Rosângela Leal Santos ³

¹Estudante de graduação, UEFS, Feira de Santana-BA, erlitec.agri@hotmail.com

²Estudante de graduação, UEFS, Feira de Santana-BA, argolo.agro@gmail.com

³ Professora Doutora, DTEC, UEFS, Feira de Santana-BA, rosangela.leal.uefs@gmail.com

RESUMO: O uso de imagens de radar ainda hoje é limitado pela escassez técnicas e trabalhos que considerem as particularidades do processamento desses produtos, como as distorções, que podem ser geométricas (as de relevo) e radiométricas, destacando-se o ruído *speckle*. Com o objetivo de minimizar o efeito do ruído *speckle* em imagens SAR, foram desenvolvidos filtros que, apesar de sua aplicação deverão preservar as características intrínsecas da imagem. Assim o propósito deste trabalho foi de avaliar o desempenho de filtros adaptativos e gerais, mais especificadamente os filtros de Lee e Frost, com janelas de 3x3, 6x6 e 9x9 pixels em uma imagem SAR de uma área de silvicultura de eucalipto, abrangendo os municípios de Inhambupe e Ouriçangas (Bahia), buscando avaliar a eficiência da filtragem através de medidas de textura com base em estatística de primeira ordem. A eficiência do filtro foi avaliada usando o coeficiente de variação como medida textural, e de modo geral todas as filtrações aplicadas apresentaram-se eficientes, com destaque para os filtros de Lee (3x3, 6x6 e 9x9), o qual manteve semelhanças aos coeficientes de variação, não havendo perda de informação.

PALAVRAS-CHAVE: estatística de primeira ordem; filtro de Lee; textura

INTRODUÇÃO

O uso de imagens de radar ainda hoje é limitado pela escassez de técnicas, aplicativos e recursos humanos que considerem as particularidades do processamento desses produtos, seja por seus princípios dielétricos, suas distorções inerentes, bem como das dificuldades em sua interpretação visual. Dentro sua distorções podemos citar as geométricas, ligadas aos aspectos do relevo e as radiométricas, dentre as quais se destaca o ruído *speckle*.

O ruído *speckle* tem como causa o fato de que, na faixa de micro-ondas, a radiação interage com a superfície de maneira variável para as superfícies mais lisas até as mais rugosas, podendo sofrer reflexão difusa, especular ou de canto. As interferências locais podem ser construtivas ou destrutivas no sinal retroespalhado (BENTZ, 2006).

Definitivamente, o maior problema da imagem SAR para os classificadores pontuais é a presença do *speckle* que causa uma grande variação tonal. A fim de minimizar este problema, foram desenvolvidos alguns filtros que levam em consideração a natureza estatística deste fenômeno. Estes filtros, teoricamente, atenuam o efeito deste ruído sem, no entanto, eliminar a informação textural das imagens e as descontinuidades devido a mudanças de alvos. Os mais utilizados são os filtros adaptativos, baseados em estatísticas locais. Destes, três se destacam em especial: o filtro de Frost, o de Lee e o de Kuan. Uma análise de cada um destes filtros pode ser encontrada em Lopes et al. (1990). Na prática, estes filtros podem amenizar a textura e com isso eliminar informação (RENNÓ, 2003).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é a aplicação de filtros adaptativos e gerais em uma imagem SAR sobre área conhecida para reduzir efeitos de ruído *speckle* analisando eficiência da filtragem via medidas de textura com base em estatística de primeira ordem.

METODOLOGIA

Área de estudo

A região de estudo compreende uma área de silvicultura da empresa BSC – *Bahia Specialty Cellulose/COPENER* – no município de Inhambupe, região nordeste do Estado da Bahia. As áreas de silvicultura são ocupadas por cultivo de Eucalipto, os estádios vegetativos não foram considerados, somente as características na imagem. Foi utilizada uma banda de polarização HH de uma imagem (Figura 1) proveniente do satélite PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), sensor de microondas ativo em frequência 1.270 MHz (banda L), imageador em período integral.

Processamento da imagem

A primeira etapa do processamento foi a aplicação dos filtros de Lee e Frost. Esses filtros são específicos para eliminação de ruídos de imagens de radar. O processamento foi realizado em ambiente IDL ENVI e foram geradas imagens filtradas com janelas de 3x3, 6x6 e 9x9 *pixels*. O filtro de Frost é derivado da minimização do erro médio quadrático sobre o modelo multiplicativo do ruído, onde a dependência estatística do sinal original é incorporada. É um filtro adaptativo e que preserva a estrutura de borda. Para o filtro de Frost o valor \hat{I} associado ao *pixel* corrente é dado pela equação (1), onde x e y determinam a posição do *pixel* corrente e i e j são determinados pelos limites da janela do filtro. O coeficiente $m(x + i, y + i)$ é dado pela equação (2).

$$\hat{I}(x, y) = \sum_i \sum_j m(x + i, y + i) I(x + i, y + i) \quad (1)$$

$$m(x + i, y + i) = K_0 \alpha \exp(-\alpha t) \quad (2)$$

Em que, α é o coeficiente adaptativo determinado por estatísticas locais da janela; K_0 é a constante normalizadora; t é a distância entre o *pixel* corrente (x, y) ao *pixel* na posição ($x + i, y + i$).

O filtro de Lee estima o valor de um *pixel* através da soma ponderada o valor do *pixel* central e da média. A ponderação considerada é obtida como uma função da heterogeneidade dos sinais que compõe o valor do *pixel*. O valor \hat{x} do *pixel* corrente (x, y) é associado de acordo com a equação (3).

$$\hat{x} = \bar{x} + k(z - \bar{x}) \quad (3)$$

Em que, \bar{x} é a média local da janela; z o valor do *pixel* corrente; e k , um coeficiente adaptativo (entre 0 e 1). O filtro de Kuan, que foi inicialmente considerado neste trabalho, se diferencia do filtro de Lee apenas por uma pequena diferença no cálculo de k . Entretanto, Gottardo e Vieira (2009) encontraram outras similaridade entre os filtros Kuan e Lee não sendo, portanto, expressiva a diferença no cálculo do coeficiente adaptativo (k). A partir daí, decidiu-se não utilizar o filtro de Kuan, nesta metodologia. Em seguida foram realizadas as medidas texturais, também em ambiente ENVI® (IDL-ENVI 4.3), usando algoritmo Texture 1.0 para a análise e caracterização dos diferentes aspectos estatísticos das imagens. Esse algoritmo foi desenvolvido com um objetivo didático, como uma ferramenta para classificação de imagens usando medidas texturais. É um software livre, desenvolvido por RENNÓ (2000).

O processamento dos grupos texturais foi realizado através da escolha das "regiões de interesse" ROI (*Regions Of Interest*) utilizadas como amostras. Mas esta também pode ser efetuada pela inserção de imagens segmentadas. As medidas texturais realizadas foram baseadas em estatística de primeira ordem: variância (equação 04), média (equação 05),

coeficiente de variação (equação 06), assimetria (equação 07) e curtose (equação 08), mediana. As medidas estatísticas de segunda ordem, (distribucionais, morfológicas, correlação ou haralick) não foram efetuadas. Na metodologia atual, foram realizadas apenas medidas de primeira ordem; medidas que não levam em consideração a distribuição espacial dos níveis de cinza de uma região da imagem.

$$V = \sum_i [i - M]^2 P(i) \quad (4)$$

Em que $P(i)$ é a frequência com que o nível de cinza i ocorre na imagem e M é a média (equação 5) dos níveis de cinza da imagem.

$$M = \sum_i i P(i) \quad (5)$$

$$CV = \frac{\sqrt{V}}{M} \quad (6)$$

$$AS = \frac{\sum_i |(i - M)^3| P(i)}{V^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

$$CUR = \frac{\sum_i (i - M)^4 P(i)}{V^2} \quad (8)$$

A região da imagem compreende áreas de silvicultura, com cultivo de Eucalipto em diferentes estádios de crescimento. Para melhor identificação e extração das ROIs foi realizada uma composição em falsa cor (Figura 1), com as bandas HH, VV e HV que diferenciou bem as feições observadas. Foram selecionadas 8 regiões homogêneas, sendo 7 para áreas de cultivo e uma para corpo hídrico.

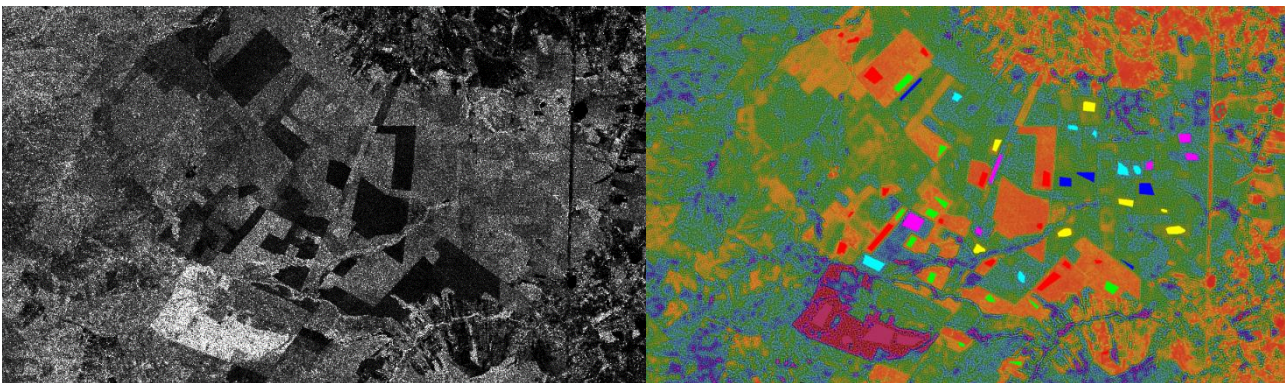


Figura 1: Acima: imagem original banda HH, evidenciando feições diferenciadas e polígonos das áreas de cultivo; abaixo: composição colorida em falsa cor com arquivo de ROI plotado.

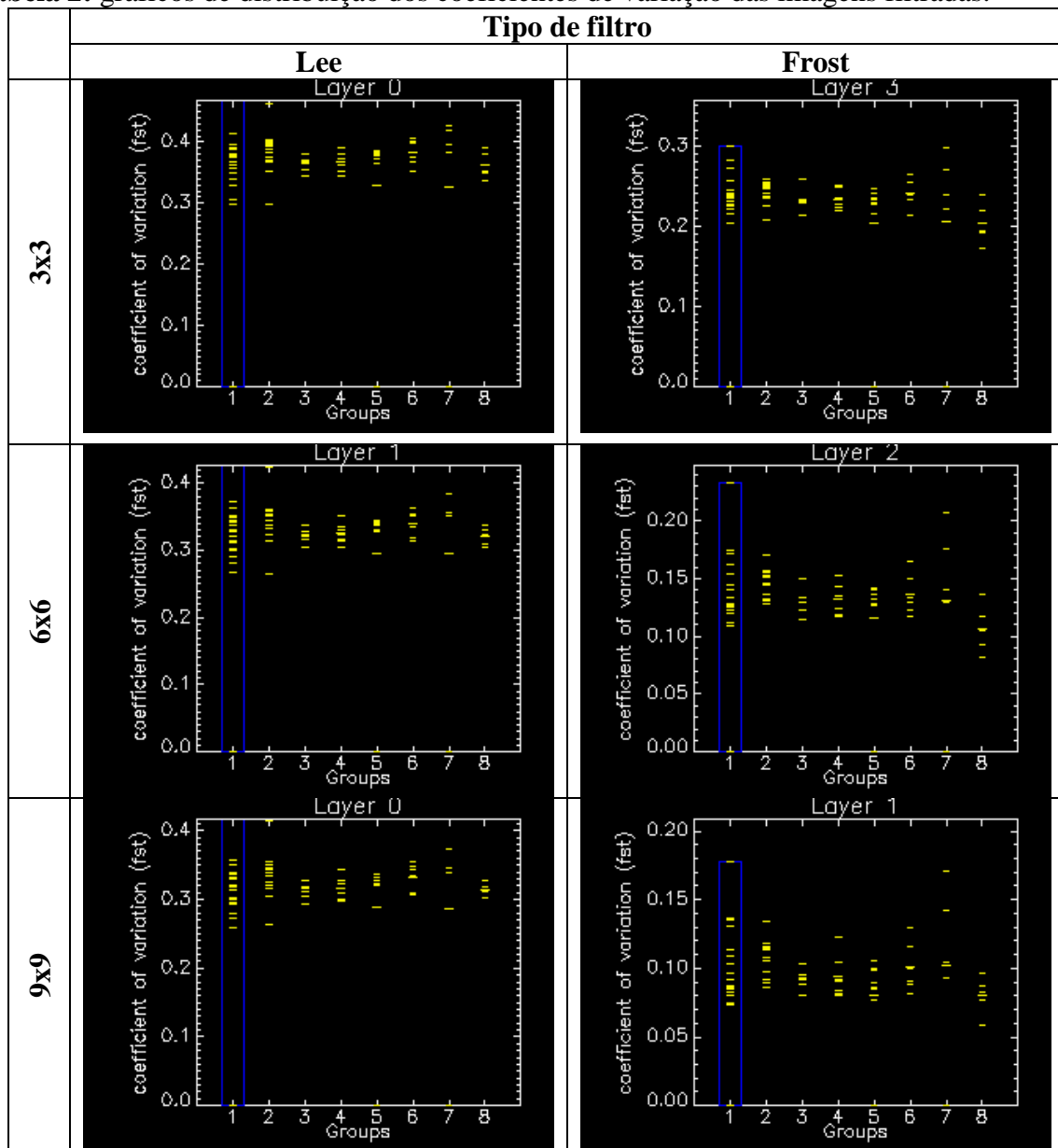
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não há uma definição matemática bem definida para a textura, por isso ela é mensurada com base em modelos de estatística de primeira e segunda ordem. Entretanto, a textura é uma importante característica utilizada na interpretação visual de imagens e por esta razão, o uso de medidas de textura pode aumentar o desempenho de classificadores digitais, principalmente em imagens com alta resolução espacial (RENNÓ, 2003), sendo a compreensão do *speckle* fundamental para a compreensão da textura de uma imagem de

radar. A figura 04 exibe os gráficos resultantes do processo de extração das medidas texturas a partir das regiões de interesse especificadas em imagem original.

Para analisar o desempenho dos filtros foi usado o coeficiente de variação dos valores de pixels de cada imagem filtrada e da imagem original, separando nos gráficos as classes de região de interesse (ROI, Figura01) como na Tabela 2. Após classificação das medidas texturais de primeira ordem selecionadas, o Texture 1.0 exibe na forma de gráficos: há dois gráficos no lado direito; o acima exibe as medidas de dispersão selecionadas de cada grupo e o gráfico abaixo mostra o mesmo gráfico com valores normalizados (entre 0 e 1) das medidas selecionadas. As linhas horizontais amarelas marcam os valores das medidas selecionadas de cada grupo.

Tabela 2: gráficos de distribuição dos coeficientes de variação das imagens filtradas.



Para as oito regiões de interesse selecionadas (1 a 7: cultivo de eucalipto; e 8 corpo hídrico) verificou-se padrões de diferenciação entre as classes (Figura 2), especialmente nos valores de média e coeficiente de variação, ou seja, as medidas texturais de primeira ordem tiveram êxito em distinguir diferentes classes de cobertura do solo com base nas tonalidades de pixel de

cada região de interesse. Corroborando com outros trabalhos (KANDASWAMY et al, 2005 apud VERONESE, 2008, p. 42; RENNÓ, 2003) que mostram a importância das medidas texturais em métodos de classificação de imagens SAR. Todas as filtragens aplicadas apresentaram-se eficientes, com destaque para os filtros de Lee (3x3, 6x6 e 9x9), o qual manteve semelhanças aos coeficientes de variação (valores mais próximos), não havendo perda de informação. Filtro de Kuan em todas as janelas, apresentaram mais dispersos valores.

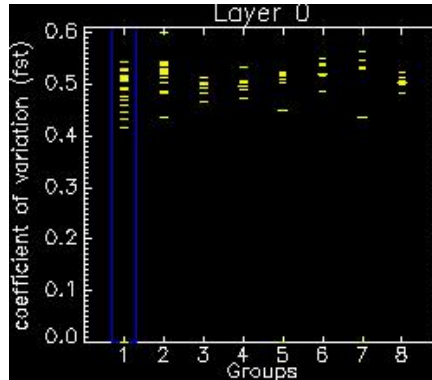


Figura 2: coeficientes de variação de classes na imagem original.

CONCLUSÃO

A classificação da textura por meio de ROIs mostrou-se satisfatória, pois caracterizou definitivamente por meio das medidas de estatística de primeira ordem a textura das regiões conhecidas.

O algoritmo mostrou-se eficiente na distinção de diferentes características texturais, manteve semelhantes os valores de coeficiente de variação nas imagens filtradas, evidenciando a eficiência das filtragem no propósito de reduzir *speckle* sem alterar a textura. Melhor desempenho do filtro de Lee para as três janelas, pois manteve melhor agrupados dados, não dispersando muito os valores de *pixels*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENTZ, C. M. **Reconhecimento Automático de Eventos Ambientais Costeiros e Oceânicos em Imagens de Radars Orbitais** [Rio de Janeiro], XIII, 115 p., COPPE/UF RJ, Tese de Doutorado, Engenharia Civil, 2006.
- FROST, Victor S. et al. A Model for Radar Images and Its Application to Adaptive Digital Filtering of Multiplicative Noise. **IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence**, [s.l.], v. -4, n. 2, p.157-166, mar. 1982. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tpami.1982.4767223>.
- GOTTARDO, Taís Virgínia; VIEIRA, Carlos Antônio Oliveira. Comparação entre o uso de filtros e classificadores em ua imagem de radar, em ambiente SPRING. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: Inpe, 2009. p. 6919 - 6926.
- LEE, J. S. (1986) -Speckle suppression and analysis for synthetic aperture radar. *Optical Engineering*. V. 25, n~5 : 636-643, May, 1986.
- Lopes, A.; Touzi, R.; Nezry, E. Adaptive speckle filters and scene heterogeneity. **IEEE Transactions Geoscience Remote Sensing**, v.28, n.6, p.992-1000. Nov. 1990.
- RENNÓ, C. D. TEXTURE 1.0: A region classifier using textural measures. 2000. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~camilo/texture/>>. Acesso em: 16/10/2016.
- RENNÓ, Camilo Daleles. **Avaliação de medidas texturais na discriminação de classes de uso utilizando imagens SIR-C/X-SSAR do perímetro irrigado de Bebedouro, Petrolina, PE**. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- VERONESE, Thalita Biazzuz. **APLICAÇÃO DE MAPA DE KOHONEN PARA CLASSIFICAÇÃO DE TEXTURAS EM IMAGENS SAR EM AMBIENTE PARALELO**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.