

INTEGRAÇÃO DE DADOS DE RADAR ADQUIRIDOS COM DIFERENTES ÂNGULOS DE INCIDÊNCIA PARA ESTUDOS DE RESERVATÓRIO NA AMAZÔNIA.

Maycira Pereira de Farias Costa ¹, Evlyn M.L. de M. Novo ¹, Frank J. Ahern ²

¹ INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

tel: (012) 3526433, e-mail: maycira@ltd.inpe.br

² CCRS- Canada Center for Remote Sensing.

RESUMO

Dados SAR-C HH aero-transportado foram adquiridos em diferentes ângulos de incidência (43°, 66°, 76°) e direções de visada. Os dados foram integrados com o objetivo de estudar o efeito do ângulo de incidência da radiação de microondas na separabilidade de diferentes grupos de plantas aquáticas, floresta e água, no reservatório de Tucuruí, Amazônia.

As imagens digitais foram inicialmente calibradas radiometricamente e filtradas com filtro de média 3x3, objetivando um balanço entre a redução do speckle, a preservação das bordas e a resolução do pixel. A correção geométrica foi realizada de acordo com o modelo de orto-retificação que considera a geometria de visada do sensor, as características da Terra e a projeção cartográfica. Mapas topográficos (1:100.000) e imagem TM/Landsat foram utilizados como base cartográfica. Fotografias aéreas (1:10.000) foram utilizadas para auxiliar no mapeamento dos temas de interesse. A Distância de Bhattacharya foi utilizada para determinar uma medida de separabilidade entre as diferentes classes, para os diferentes ângulos de incidência e combinação destes. Os resultados mostraram uma baixa separabilidade entre as classes quando se utilizou apenas um dado ângulo de incidência. Dados integrados com diferentes ângulos de incidência demonstraram um melhor índice de separabilidade entre as classes.

1. INTRODUÇÃO

O entendimento e monitoramento de alterações ambientais em reservatórios da Amazônia não é uma tarefa fácil, principalmente devido a grande extensão destas áreas e a dificuldade de acesso para coleta de dados. Técnicas de sensoriamento remoto podem ser utilizadas nestas regiões pois permitem uma visão sinóptica. Sistemas óticos foram utilizados por algum tempo para estudo de monitoramento de plantas aquáticas (Abdon e Meyer, 1990) e qualidade da água (Braga, 1990; Pereira Filho, 1990; Steffen et al., 1993). Contudo, a cobertura de nuvens, praticamente constante na região, limita o uso de sistemas óticos. Imagens de radar vem se mostrando muito úteis para estudos de reservatórios na Amazônia, devido a sua

independência em relação a cobertura de nuvens e à capacidade de detecção de áreas inundadas sob uma cobertura vegetal.

Uma série de trabalhos tem mostrado a importante utilização de dados de radar para estudos de monitoramento de vegetação, quando o substrato é solo ou água. Outros trabalhos mostram o estudo de plantas aquáticas através de dados de radar. Para estudo da interação da radiação de microondas com a vegetação a geometria, o volume e o conteúdo de umidade da vegetação são os fatores que mais influenciam na profundidade de penetração da radiação, em uma certa frequência. Sabe-se que um aumento no conteúdo de umidade da planta, acarreta uma diminuição na profundidade de penetração da radiação no meio e, conseqüentemente, aumenta o retroespalhamento da radiação. Trabalhos experimentais também têm demonstrado que o tipo e intensidade da resposta polarizada varia de acordo com a estrutura da vegetação. Por exemplo, para ondas incidentes polarizadas verticalmente, estruturas verticais tendem a exibir uma maior atenuação para polarização V do que para polarização H (NASA/JPL, 1986).

O ângulo de incidência da radiação também desempenha um papel importante no comportamento do retroespalhamento da radiação. Isto é particularmente verdade quando se considera o substrato em que está a vegetação, como por exemplo solo ou água, os quais primariamente produzem espalhamento de superfície. Porém, quando a interação é do tipo espalhamento de volume o retroespalhamento diminui muito lentamente com o aumento do ângulo de incidência. Ulaby et al. (1986) mostram que o retroespalhamento do substrato (solo) é mais importante para ângulos de incidência próximo do nadir (para menores frequências), enquanto que para ângulos de incidência maiores, o espalhamento de volume da vegetação é o mais importante.

Vários autores têm mostrado que há um aumento do retroespalhamento da vegetação quando o substrato é a água (Richards et al., 1982; Ford e Casey, 1988; Hess et al., 1990, entre outros). Hess et al., (1990) discutiram a influência do ângulo de incidência, polarização e frequência no coeficiente de

retroespalhamento de vegetação inundada. De acordo com os autores existem vários dados controversos, principalmente devido às diferenças nas estruturas da vegetação e à falta de dados calibrados. Contudo, os autores também mostram que o retroespalhamento da vegetação em pântanos é maior para ângulos de incidência menores. Ford e Casey (1988) explicaram que o retroespalhamento para regiões de pântanos com árvores é resultante de uma componente adicional da energia de microondas que penetra na vegetação, interage com a água/tronco, e retorna por reflexão por um efeito denominado “double-bounce”. Os autores também observam uma diminuição do retroespalhamento com o aumento do ângulo de incidência da radiação, para áreas de pântano. Uma provável explicação seria: com o aumento do ângulo de incidência há um aumento nos 2 caminhos que a radiação percorre (incidência e retroespalhamento) sendo a radiação atenuada exponencialmente na vegetação, resultando em uma redução da componente de “double-bounce”. Alguns trabalhos analisados por Hess et al., (1990) utilizando dados na banda L demonstraram que o contraste entre vegetação de pântano e vegetação de terra-firme é maior em polarização paralela (HH e VV) do que em polarização cruzada (HV e VH), e que a razão entre polarizações pode fornecer resultados interessantes.

Hess et al., (1995) apresentaram alguns dados do experimento SIR-C realizado na Amazônia. De acordo com os autores o efeito “double-bounce” é observado para plantas aquáticas para bandas C e L, e a banda C-HH não permite a discriminação entre plantas aquáticas e floresta inundada. Os autores também enfatizam que dados de multipolarização e multifrequência permitem a discriminação entre plantas aquáticas, floresta, floresta inundada, pasto e água na área de estudo da Amazônia. Novo et al., (1995) analisando imagens SAR-C aerotransportado de polarização cruzada e polarização paralela da Amazônia mostram que plantas aquáticas podem ser separadas em pelo menos dois grandes grupos: as com forma de capim e as com folha espalmada. As análises destes mesmos dados também mostraram que o espalhamento de volume é o mecanismo primário de espalhamento para plantas aquáticas na banda C, durante a estação de cheia. Os mesmos dados mostraram que a composição de mutipolarizações permite uma melhor separabilidade entre classes de plantas aquáticas (Costa, 1995; Costa et al., 1996). Imagem do satélite JERS-1 da mesma área mostrou uma melhor discriminação entre terra e água, e uma pior separabilidade entre plantas aquáticas, quando comparado com dados SAR-C HH aerotransportado (Novo e Costa, 1996).

Como vários autores citados anteriormente têm demonstrado, a utilização de dados de radar com multipolarização, multi-freequência ou multi-ângulo de

incidência é de grande importância para melhor caracterização dos alvos, devido a interação diferenciada destes com a radiação de microondas. Atualmente a disponibilidade de vários satélites (ERS, JERS1 e RADARSAT) com sensores operando na faixa de microondas permite o aproveitamento destas multi-características. Especificamente, o satélite RADARSAT com a possibilidade de aquisição de dados em diferentes ângulos de incidência vem a ser uma ferramenta importante no estudo e monitoramento de recursos terrestres. Porém, a integração de dados com multi-ângulo de incidência, e diferentes resoluções requer um pré-processamento dos dados considerando o método de filtragem e o algoritmo de retificação geométrica (Toutin, 1995; Crevier et al., 1996).

Dentro deste contexto, este trabalho apresenta uma breve descrição da integração de dados de radar aerotransportados adquiridos em diferentes ângulos de incidência e direções de visada, com o objetivo de estudar o efeito do ângulo de incidência da radiação de microondas na separabilidade de diferentes grupos de plantas aquáticas, floresta e água, no reservatório de Tucuruí, Amazônia.

2. ÁREA DE ESTUDO

A inundação de grandes áreas de florestas para a construção de reservatórios pode resultar em uma série de alterações ambientais, com por exemplo: alteração na qualidade da água; infestação por plantas aquáticas; alteração do ciclo de emissão de gases para a atmosfera; aumento de doenças tropicais; entre outras.

A hidroelétrica de Tucuruí (2°00'S/46°00'W e 18°00'S/55°00'W) na bacia dos rios Araguaia/Tocantins, é a quarta maior hidroelétrica do mundo, com uma atual capacidade de geração de energia de 4MW e com futura expansão de 8MW (Forattini et al., 1990).

Inundando uma área de aproximadamente 2430km², com profundidade média de 19m, uma série de alterações ambientais vem ocorrendo desde o enchimento do reservatório. O reservatório de Tucuruí é objeto de estudo para desenvolvimento de metodologia objetivando o monitoramento destas regiões com auxílio de dados de sensoriamento remoto.

O reservatório apresenta uma forma dendrítica e um tempo de residência da água entre 20 a 500 dias (Pereira Filho, 1990). A variação do fluxo sazonal, as características do reservatório e o tempo de retenção induz a infestação por macrófitas e a diminuição da qualidade da água.

De acordo com um levantamento realizado por Abdon e Meyer (1990), usando dados TM/Landsat, a área

coberta por plantas aquáticas tem diminuído desde o início das operações do reservatório, e durante a estação seca a área coberta pelas macrófitas representa 20% da superfície do reservatório. A cobertura de macrófitas durante a estação de cheia é desconhecida devido ao problema de nuvens.

As principais espécies de plantas aquáticas encontradas no reservatório são: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes*, *Typha* sp, *Aninga* e *Scirpus* sp. Algumas características destas espécies são descritas por Novo et. al. (1995).

3. METODOLOGIA

3.1. Dados utilizados.

Os dados SAR utilizados (bra33HH - Fig. 1, bra34HH - Fig. 2, bra43HH - Fig. 3) neste estudo estão descritos na Tabela 1. Foram também utilizadas fotografias aéreas (1:10.000) e imagens TM/Landsat. As fotografias aéreas e imagens SAR foram adquiridas durante a mesma semana, em abril de 1992, sobre o canal do Pucuruizinho, como parte do projeto SAREX. A imagem Landsat foi adquirida em junho do mesmo ano, o que possibilitou a sua utilização para auxiliar a correção geométrica das imagens SAR.

Tabela 1. Descrição dos dados SAR.

Dado	bra33	bra34	bra43
Polarização	HH	HH	HH
Banda	C	C	C
cobertura (km)	55x18	350x60	55x10
direção de visada	direita	esquerda	esquerda
ângulo de incidência	~43°	~66°	~76°
tamanho do pixel (m)	4x4.31	4x4.31	15x6.9
resolução (m)	6x6	6x6	20x10
looks	7	7	7

3.2. Pré-processamento para integração dos dados.

Para integração dos dados SAR podemos separar o pré-processamento nas seguintes etapas: calibração radiométrica, filtragem para redução do “speckel” e correção geométrica.

A calibração geométrica é uma etapa necessária para correção do efeito de padrão de antena das imagens SAR. As imagens foram calibradas de acordo com os parâmetros de calibração sugeridos por Hawkins e Teany (1992).

Foi aplicado um filtro de média 3x3 considerando a redução do ruído multiplicativo “speckel”, a garantia do mesmo processamento em toda a imagem, a resolução dos dados e a preservação das bordas.

Após a filtragem das imagens SAR, procedeu-se à correção geométrica da imagem TM/Landsat, das fotografias aéreas no formato digital e das imagens SAR para a projeção cartográfica UTM. As imagens TM/Landsat e SAR foram orto-retificadas de acordo com o método de modelagem matemática desenvolvido por Toutin (1994, 1995). Este método pode ser utilizado para correção geométrica de imagens de sensores ópticos ou microondas, tanto aerotransportados como de satélites, utilizando dados de elevação do terreno. O modelo integra a geometria de visada, o que inclui a posição e a velocidade da plataforma, os parâmetros do sensor, as características da Terra e da projeção cartográfica. Um valor de altitude médio de 75m representativo da área foi utilizado gerando imagens orto-retificadas. A precisão média do modelo e da restituição para as imagens SAR foi de 16,5 e 30,1 metros, respectivamente. Considerando a precisão do modelo e a resolução dos dados originais foram geradas imagens com tamanho de pixel de 15x15 metros, utilizando-se o interpolador por convolução cúbica.

3.3. Determinação da separabilidade entre as classes.

3.3.1. Aquisição de amostras e determinação dos valores de retroespalhamento.

Para o teste de separabilidade espectral foram determinadas as seguintes classes: *Eichhornia* (**ech**), *Pistia* (**pst**), *Scirpus* (**scp**), *Salvinia* (**slv**), *Aninga* (**ani**) (grupos de plantas aquáticas), heterogênea (**htr**) (diferente grupos de plantas aquáticas), “paliteiro” (**plt**) (tronco de árvores na água), água (**agu**) e floresta (**flt**). As amostras para determinação das classes foram identificadas nas imagens SAR com o auxílio do mosaico digital das fotografias aéreas.

Um número mínimo de 30 pixels para cada amostra foi considerado. Este valor corresponde a um número maior de amostra independente de “multi-look” do que o mínimo requerido (Laur et al., 1987; Touzi, 1995), e de acordo com os testes de homogeneidade realizados. Foram determinadas as médias de todas as classes para cada polarização e calculados os valores de retroespalhamento (σ) correspondentes de acordo com a seguinte equação de calibração:

$$\sigma = 10 \times \log_{10} \text{DN} + (F_{\text{cal}})$$

onde: DN é o valor digital médio para uma classe

σ é o valor de retroespalhamento médio para uma classe

F_{cal} é o fator de calibração médio fornecidos pelo CCRS.

3.3.2. Cálculo do índice de separabilidade entre as classes.

O método de Distância de Bhattacharya (DB) foi adotado para calcular a separabilidade entre as classes para um único dado com determinado ângulo de incidência e a combinação de dados com diferentes ângulos de incidência. Esta separabilidade matemática é calculada através das médias e matrizes de covariância das classes, resultando em uma distância que varia de 0 a 2 com os seguintes intervalos:

0 - 1.0 - separabilidade muito baixa

1 - 1.9 - separabilidade baixa

1.9 - 2.0 - boa separabilidade.

4. ANÁLISE DOS DADOS.

4.1. Análise dos valores de retroespalhamento.

A Tabela 2 apresenta os valores de retroespalhamento calculados para cada classe de interesse.

Tabela 2 - Coeficiente de retroespalhamento (CR)

Classes	33HH(43°)	34HH(66°)	43HH(76°)
ech	-15.38	-7.75	-10.34
pst	-13.72	-11.31	-13.26
scp	-10.96	-8.4	-11.13
agu	-28.37	-28.88	-25.66
het	-11.94	-9.31	-12.76
flt	-11.8	-10.07	-12.67
slv	-15.50	-15.01	-14.53
ani	-14.97	-10.93	-9.47
plt	-16.24	-13.81	-15.59

Em geral, variações no ângulo de incidência da radiação de microondas afeta a capacidade de penetração da radiação em alvos terrestres. Grandes ângulos de incidência resultam em longo trajeto para a radiação incidente atravessar um alvo denso, resultando em uma maior atenuação da radiação de microondas pelos constituintes do alvo. Para superfícies consideradas muito rugosas em relação ao comprimento de onda, os valores de retroespalhamento não são afetados seriamente com a variação do ângulo de incidência da radiação (Ulaby et al., 1986). De acordo com o critério de rugosidade de Fraunhofer, o comprimento de onda e o ângulo de incidência da radiação, as classes de vegetação em estudo são consideradas superfícies rugosas. Portanto, não são observados efeitos de “double-bounce” nem uma componente especular, o que pode indicar a predominância de interação do tipo espalhamento de volume para as classes de vegetação em estudo.

Os valores de retroespalhamento para classe água (agu) são tipicamente baixos para todos os ângulos de

incidência devido a reflexão especular. A classe “paliteiro” (plt) é representada por água e troncos de árvores resultando em uma aumento do retroespalhamento, quando comparado com a classe água, devido ao efeito de “double-bounce” entre o tronco e a água.

A classe floresta (flt) apresenta valores de retroespalhamento dentro do esperado (Ulaby e Dadson, 1989) resultante da componente de espalhamento dos galhos das árvores.

A análise da Tabela 2 mostra que existe uma diferença nos valores de retroespalhamento das diferentes classes de plantas aquáticas devido à variação nas estruturas e na distribuição espacial dos grupos, entre outros fatores.

As classes *Salvinia* e *Pistia* mostram valores de retroespalhamento baixos para todos os ângulos de incidência. Estes grupos podem ser considerados superfícies ligeiramente lisas e com alta constante dielétrica devido a proximidade da água, resultando em uma reflexão quase-especular. A classe *Scirpus* apresenta alto retroespalhamento devido a estrutura densa vertical deste grupo produzindo um alto efeito de espalhamento de volume. O mesmo pode ser considerado para classe heterogênea, composta basicamente de vegetação com a mesma estrutura do *Scirpus*. A classe *Eichhornia* e *Aninga* apresentam estruturas densas com folhas orientadas aleatoriamente sugerindo um efeito de volume de espalhamento, principalmente para os maiores ângulos de incidência, onde são observado altos valores de retroespalhamento quando comparado com a imagem 33HH (43°).

4.2. Análise dos índices de separabilidade entre as classes.

A Tabela 3 apresenta o resultado do índice de separabilidade entre as classes para cada ângulo de incidência e para a combinação dos 3 diferentes ângulos de incidência.

Para o cálculo do grau de separabilidade total (GST) para cada dado adotou-se o seguinte procedimento: 1) somou-se os índices de separabilidade entre o conjunto de classes para cada dado, resultando em 3 grupos de separabilidade: muito baixa, baixa, boa; 2) aplicou-se um peso a cada grupo de separabilidade e a soma destes resultou no grau de separabilidade total (GST) para um determinado dado. Os pesos aplicados a cada grupo de separabilidade obedeceram o seguinte critério:

muito baixa: peso 0
baixa: peso 1
boa: peso 2

Comparando o GST para os diferentes ângulos de incidência, observa-se que a imagem 43HH apresenta o mais baixo valor. As prováveis razões para este baixo valor são: a pior resolução (10x20m) e o mais alto ângulo de incidência (77°), diminuindo a separabilidade entre as classes. As imagens 33HH e 34HH apresentaram graus de separabilidade semelhantes, indicando que não existem diferenças na separabilidade entre as classes para ângulos de incidência de 43° e 66°.

Tabela 3. Separabilidade entre as classes de acordo com a Distância de Bhattacharya.

Grau de separabilidade(GS)	muito baixo	baixo	bom	total
33HH (43°)	22	11	3	17
34HH (66°)	22	11	3	17
43HH (76°)	28	8	0	8
33HH/34HH/43HH	11	17	8	33

A composição de multi-ângulo de incidência apresentou o mais alto GS total, indicando que para separabilidade dos alvos em estudo a possibilidade de utilização de dados adquiridos com ângulos de incidência diferentes vem a ser uma ferramenta importante.

5. CONCLUSÃO

Em preparação para utilização dos dados do satélite RADARSAT adquiridos com diferentes ângulos de incidência, o presente estudo sugere que:

1. A metodologia de pré-processamento para integração de dados SAR é satisfatória e importante.
2. O mecanismo de "double-bounce" ocorre provavelmente somente entre os paliteiros e a água. Um espalhamento quase-especular é observado para as classes de plantas aquáticas com tamanho inferior a 5cm. O espalhamento de volume deve ser o mecanismo primário de espalhamento para as demais classes. Para melhor compreensão dos mecanismos de espalhamento seriam necessárias mais informações sobre a estrutura das plantas, biomassa e conteúdo de água.
3. De acordo com a distância de Bhattacharya, a separabilidade entre classes é baixa para imagens individuais, e aumenta para a composição de diferentes ângulos de incidência. A mais baixa separabilidade entre as classes é observada para ângulos de incidência altos (77°). Este resultado parece indicar que para estudos com as mesmas características de alvos deste trabalho, os dados do satélite RADARSAT standard 6 (41-46° - Figura 5) ou combinação de diferentes modos de aquisição devem fornecer uma boa separabilidade entre alvos.

Agradecimentos: Os autores agradecem a ELETRONORTE pelo apoio de campo, a CIDA (Canadian International Development Agency) pelo suporte financeiro para desenvolvimento e oportunidade de apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Abdon, M.M., Meyer, M. Variação temporal de áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí através de dados de satélite Landsat/TM. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 4., Jun., 24-29, Manaus. *Anais*. pp:545-548, 1990.

Braga, C.Z.F. Avaliação preliminar da produtividade primária na represa de Tucuruí, Pará, com utilização de imagens TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Jun., 24-29, Manaus. *Anais*. pp:826-832, 1990.

Costa, M.P.F. The effect of airborne SAR-C multipolarization and multiangle images in the backscattering separability of aquatic plants in the Brazilian Amazon basin. Technical Report. Canadian Center of Remote Sensing, 1995.

Costa, M.P.F.; Ahern, F.; Novo, E.M.L.M.; Pietsch, R.W.; Noernberg, M.A. Separability of aquatic plants in the Brazilian Amazon using multi-polarization C-band SAR data. 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Canada, 1996

Evans, D.L., Farr, T.G., Ford, J.P., Thompson W.T., Werner, C.L. Multipolarization radar images for geologic mapping and vegetation discrimination. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 24(2): 246-257, 1986.

Forattini, G.D., Barbosa, J.A. Aplicação de modelos matemáticos de qualidade de água na elaboração do plano de utilização do reservatório de Tucuruí. In: Hydrology and water management of the Amazon basin. *Proceedings*. Aug., 5-9, 1990, Manaus, AM, pp:3-15.

Ford, J.P., Casey, D.J. Shuttle radar mapping with diverse incidence angles in the rainforest of Borneo. *International Journal of Remote Sensing*. 9(5):927-943, 1988.

Hawkins, R.K., Teany, L.D. SAREX-92, Data calibration. Workshop-Sarex-92. *Proceedings*. Paris, 6-8, pp:41-53, 1993.

Hess, L.L., Melack, J.M., Simonett, D. Radar detection of flooding beneath the forest canopy: a review. *International Journal of Remote Sensing*. 11(7):1313-1325, 1990.

Junk, W.J., Nunes de Mello, J.A.S. Impactos ecológicos das represas hidroelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos Avançados*. 4(8):126-143, 1987.

Laur, H., Le Toan, T., Lopes, A. Textural segmentation of SAR images using first order statistical parameters. In: IGARSS'87 Symposium. *Proceedings*. Ann Arbor, 18-21 May, pp:1463-1468, 1987.

NASA. Shuttle Imaging Radar-C Science Plan. Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA. JPL publication 86-29, 1986.

Novo, M.L.M., Costa, M.P.F., Noernberg, M.A. Airborne SAR data to map Tucuruí reservoir (Amazon). In: Workshop-Sarex-92, *Proceedings*. Paris, 6-9, 1993, pp:71-86.

Novo, E.M.; Costa, M.P.; Noernberg, M.A., (1995), Relatório Preliminar do Projeto SAREX Tucuruí. INPE, (INPE - 5621-PRP/190), São José dos Campos.

Novo, E.M.L.M.; Costa, M.P.F. Radar detection of Macrophyte stands using L band and C band. ISPRS. Viena, 1996.

Pereira, A., Tassin, B., Jorgensen, S.E. A model for decomposition of the down vegetation in an amazonian reservoir. *Ecological Modelling*. 75/76: 447-458, 1994.

Pereira Filho, W. *Metódos de integração de dados de campo de sensoriamento remoto no estudo da influência de características de bacia de captação sobre a concentração de sedimentos em suspensão em reservatório*. Dissertação de mestrado em Sensoriamento remoto e aplicações. INPE, São José dos Campos, 1990.

Richards, J.A.; Woodgate, P.W.; Skidmore, A.K. An explanation of enhanced radar backscattering from flooded forest. *International Journal of Remote Sensing*. 8(7)1093-1100, 1987.

Steffen, C.A., Costa, M.P.F., Gama, F.F. Spectral reflectance of Tucuruí reservoir waters-Brazilian Amazon, In:SPIE, *Proceedings*, 14-15, Apr., 1993, Orlando, FL, pp:103-111.

Toutin, T. Multisource data integration with an integrated and unified geometric modelling. In: Sensors and Environment Applications of Remote Sensing. *Proceedings*. Askne (ed.), Balkema, Rotterdam. pp:163-169, 1995.

Ulaby,F.T., Moore,R.K., Fung, A.K. *Microwave Remote Sensing*. vol., 1, 2 and 3. Dedham, MA, 1986.

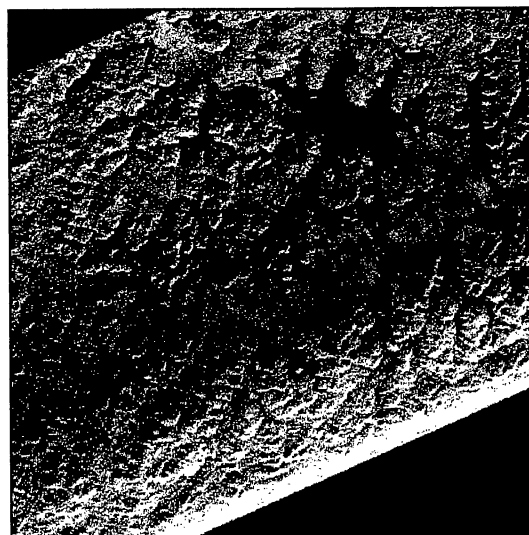


Figura 1. Imagem bra33HH - 43° ângulo de incidência.

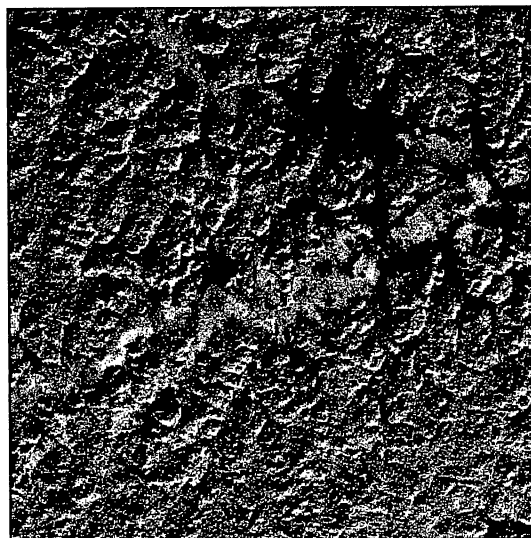


Figura 2. bra34HH - 66° ângulo de incidência

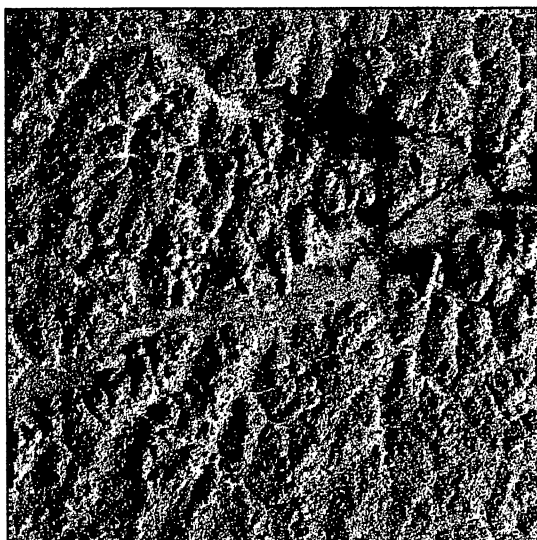


Figura 3. bra43hh - 76° ângulo de incidência.

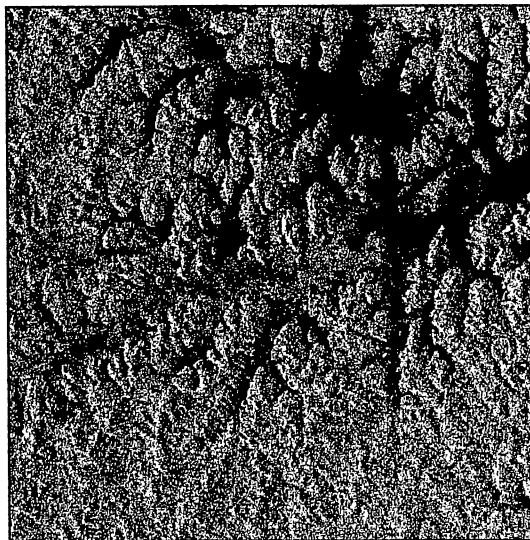


Figura 5. Imagem RADARSAT - Standard 6, ascendente, 27 de Maio de 1996.

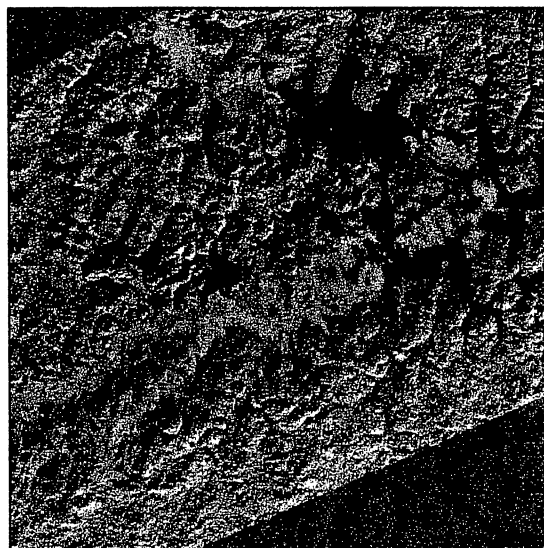


Figura 4. Composição colorida - 43°(R), 66°(G), 76°(B).