

# Avaliação do efeito da degradação da resolução espacial de imagens RADARSAT no mapeamento de formas fluviais da Planície Amazônica

Andreia Maria Silva França <sup>(1)</sup>  
Teresa Gallotti Florenzano <sup>(1)</sup>  
Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Divisão de Sensoriamento Remoto  
Avenida dos Astronautas, 1758  
CEP: 12227-010  
São José dos Campos – SP

{andreaia, teresa, evlyn}@ltid.inpe.br

**ABSTRACT.** The objective of this paper is to assess Radar spatial resolution degradation effect on the identification and mapping of fluvial geomorphology features from the Amazon floodplain. 25 m resolution Standard Mode RADARSAT image was degraded to 100 m resolution using the same process applied to produce JERS images. The main steps in the research were: legend definition; data base implementation, image processing, geomorphological mapping, quantitative assessment of resolution effect. The area of each fluvial landform class and each lake class was computed for both radar products: original and degraded resolution. Results showed that: marginal levee and lake deposition fan were more subjected to changes related to spatial resolution degradation; there is a non-proportional relationship between lake area and lake number in the floodplain region.

**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico fluvial, RADARSAT, resolução espacial, Amazônia, morfologia lacustre, fluvial geomorphological mapping, spacial resolution, Amazon, lacustrine morphology.

## 1. INTRODUÇÃO

A resolução espacial de imagens orbitais é um dos principais fatores na definição das feições a serem mapeadas, pois interfere tanto na determinação da área mínima a ser mapeada de uma determinada classe, quanto na sua identificação (Ponzoni et al., 2001).

Quanto maior a resolução espacial de uma imagem maior sua capacidade de registrar detalhes dessas feições. Entretanto, dependendo dos objetivos, do tamanho da área de estudo e da resolução espacial das imagens originais analisadas, é necessário aplicar a reamostragem dos dados, de modo a reduzir o volume de dados a ser processados e conseqüentemente, diminuir o tempo de processamento.

A degradação da resolução original das imagens diminui seu potencial para a individualização dos alvos, o que pode restringir sua aplicação a estudos que demandem precisão na recuperação de formas complexas, como as que compõem a geomorfologia das planícies de inundação. A perda de informação vai depender, no entanto, do método de reamostragem e do padrão, tamanho e dispersão das feições (Pax-Lenney e Woodcock, 1997).

É nesse contexto que se insere este trabalho que tem como objetivo avaliar a perda de informação no mapeamento de formas fluviais em decorrência da degradação da resolução espacial.

Analisou-se uma imagem RADARSAT, banda C, adquirida em 28 de Outubro de 1998 e resolução espacial de 25 m, correspondente à época de vazante. Esta imagem foi submetida a uma reamostragem utilizando-se abordagem semelhante à empregada na geração dos mosaicos do JERS - 1 (Hess et al, 2003), ou seja, a imagem degradada foi obtida a partir da média do nível

digital de uma janela de 8 x 8 pixels considerando que a imagem original era formada por pixels espaçados de 12,5 m x 12,5 m.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para o desenvolvimento desta pesquisa, está localizada ao longo do baixo Amazonas, a Sul da cidade de Óbidos, no estado do Pará. A mesma situa-se entre os paralelos 01° 45' e 02° 22' de latitude sul e os meridianos 55° 56' e 55° 03' a oeste de Greenwich (Figura 1). Esta área foi selecionada pela grande variedade de feições geomorfológicas e principalmente de sistemas lacustres, além da disponibilidade de dados de campo e de publicações científicas.

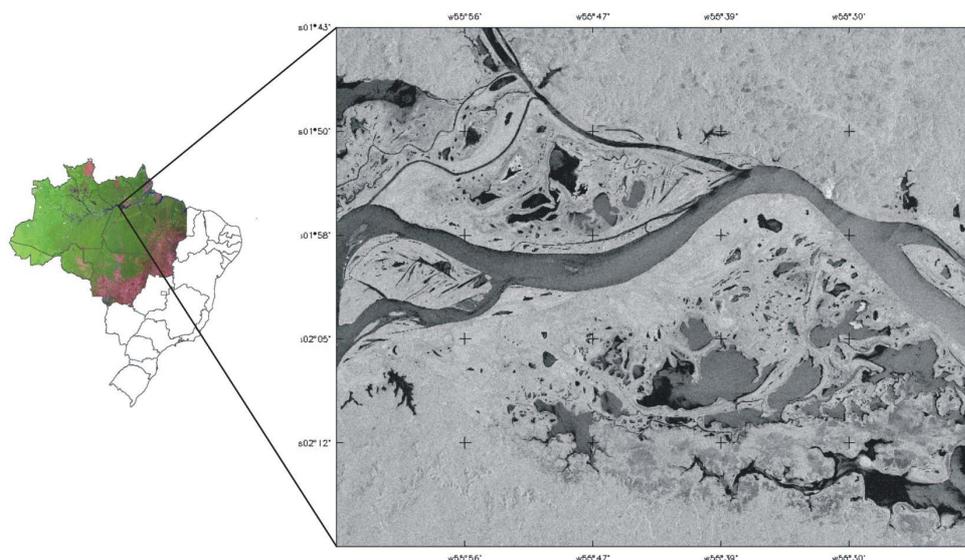


Figura 1: Área de estudo.

## 3. MÉTODOS

Os procedimentos descritos a seguir, resumidos na Figura 2, levaram em consideração o interesse de mapear as feições geomorfológicas e as morfologias lacustres da planície de inundação amazônica.

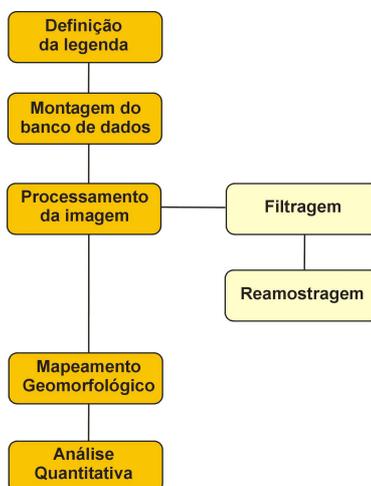


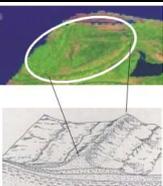
Figura 2: Fluxograma das etapas da pesquisa.

### 3.1 Definição da legenda

Definiu-se a legenda com base nas características dos ambientes geomorfológicos fluviais, na resolução da imagem de radar original (25 m) e nas descrições propostas por Cristofolletti (1981), Guerra (1997), Nunes et al., (1994).

Dessa maneira, as classes definidas para o mapeamento geomorfológico são: Rio; Lago; Dique Marginal; Banco de Areia; Furo e Auréola de Colmatagem Lacustre, descritas na Tabela 1.

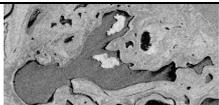
Tabela 1: Classes definidas no mapeamento geomorfológico.

FORMA	NOME	FONTE	DESCRIÇÃO
 <p>Região de Diques Marginais</p>	Diques Marginais	Cristofolletti (1981)	São saliências compostas por sedimentos, bordejando os canais fluviais. A construção de diques marginais é processo responsável pela superelevação da faixa aluvial, por onde escoam o curso de água, acima do nível geral da planície de inundação.
 <p>Bancos de areia</p>	Bancos de areia	Guerra (1997)	Os bancos de areia são acumulações de aluviões e seixos nas margens dos rios e na beira dos litorais onde predominam as areias.
 <p>Auréola de Colmatagem Lacustre</p>	Auréola de Colmatagem Lacustre	Nunes et al (1994)	A auréola de colmatagem lacustre é a zona de acumulação de materiais finos às bordas de lagos marcando níveis de oscilação das águas de alimentação por precipitações ou por rios que ali desembocam.
 <p>Furo</p>	Furo	Guerra (1997) Idem	O furo é uma denominação regional amazônica para os braços d'água que ligam um curso d'água a outro ou a um lago ou, ainda, pelo montante da foz ao curso d'água em que deságua.

Além do mapeamento das classes geomorfológicas realizou-se uma análise das morfologias lacustres, visando classificar os lagos isoladamente em quatro classes: circular/oval, crescente, composto e dendrítico, descritas na Tabela 2.

Tabela 2: Classes morfológicas lacustres.

FORMA	NOME	DESCRIÇÃO
	Circular/Oval	Lagos de formas circulares, subcirculares e elípticas.

	Crescente	Lagos que apresentam forma alongada.
	Composto	Lagos que não apresentam uma forma definida e são combinações de outras classes.
	Dendrítico	Lagos de aspecto ramificado.

Vários parâmetros morfométricos são utilizados para quantificar e medir os diversos elementos da forma como: área, volume, perímetro, comprimento. O parâmetro aplicado nesta pesquisa para indicar o grau de irregularidade do corpo d'água foi o índice F, proposto por Lübbe, 1977 (in: Straskraba e Gnauck, 1982).

(1)

$$F = l / \sqrt{A * \pi}$$

Tal que:

F = forma,

l = perímetro dado em metros (m), e

A = área dada em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Quanto menor o valor do índice F mais próximo de um círculo será a forma do lago. Qualquer variação no contorno das margens fará com que o valor de F aumente, sendo tanto maior quanto mais forte for o grau de irregularidade do contorno superficial do lago (Sperling, 1999).

### 3.2 Banco de Dados

Os softwares SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) versão 4.0 e o IDRISI Kilimanjaro foram utilizados na construção do banco de dados geográficos, e permitiram integrar todas as informações disponíveis da área de estudo. Utilizou-se o SPRING no processamento digital de imagens e na edição do mapa geomorfológico. O IDRISI permitiu calcular o índice F e quantificar os diferentes tipos de morfologias lacustres.

### 3.3 Processamento da Imagem

Analisou-se uma imagem RADARSAT correspondente à época de vazante, cujas especificações estão apresentadas na Tabela 3. Nesta imagem (original e degradada) vários filtros foram testados visando amenizar os efeitos do speckle das imagens (SPRING, 2002). O filtro LEE fixo 3x3 proporcionou o melhor resultado permitindo uma melhor discriminação visual das classes definidas. Após o processo de filtragem os pixels originais da imagem RADARSAT foram degradados para uma resolução espacial de 100 m. O processo de reamostragem utilizado baseou-se na média de uma janela de 8 x 8 pixels da imagem original (Hess et al., 2003).

Tabela 3: Características da imagem RADARSAT.

Data	Banda/Polarização	Modo de aquisição	Ângulo Incidência	Resolução Espacial
28/10/1998	C	Standard	20 – 49°	25 m

### 3.4 Mapeamento Geomorfológico

Posteriormente aos processamentos da imagem procedeu-se à edição vetorial na tela do computador. Este procedimento foi adotado devido às dimensões espaciais pequenas das feições geomorfológicas fluviais e por serem alvos espectralmente semelhantes, cuja discriminação depende da identificação de variações texturais e do arranjo espacial dos elementos texturais. O resultado desta etapa foi à obtenção de um mapa geomorfológico da planície de inundação para cada uma das resoluções espaciais consideradas.

### 3.5 Análise Quantitativa

Para comparar de forma objetiva o impacto da redução da resolução espacial na identificação das unidades geomorfológicas de interesse, procedeu-se ao cálculo da área ocupada por elas em cada um dos produtos (resolução de 25 m e 100 m).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Quantificação das Classes Geomorfológicas

As Figuras 3 e 4 apresentam os mapas geomorfológicos gerados a partir das imagens RADARSAT com resolução de 25 e 100 m, respectivamente.

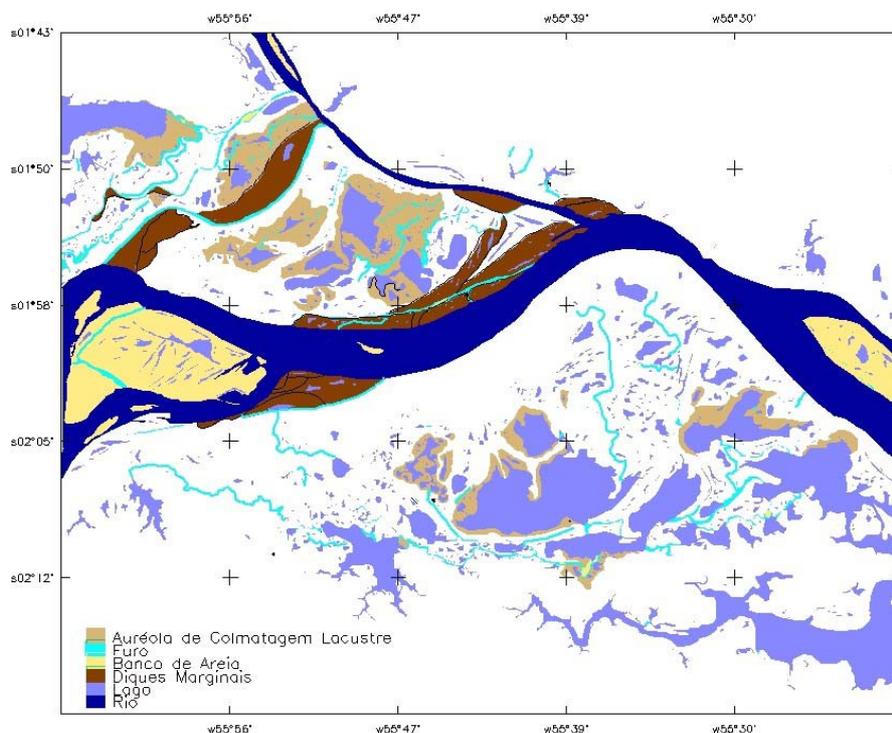


Figura 3: Mapa geomorfológico gerado a partir da imagem RADARSAT com resolução espacial de 25 m.

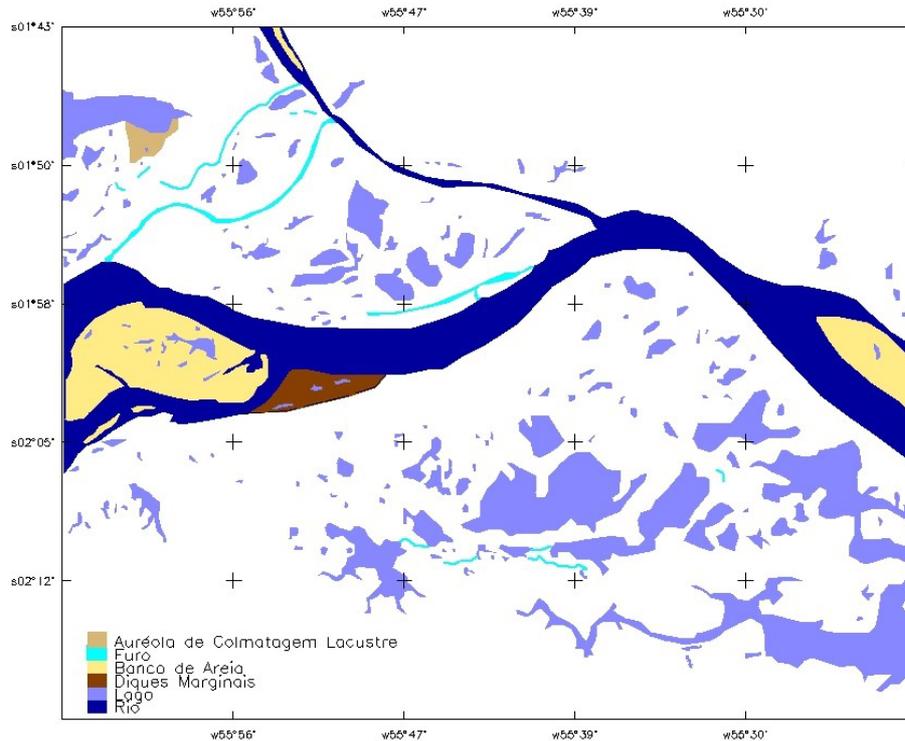


Figura 4: Mapa geomorfológico gerado a partir da imagem RADARSAT com resolução espacial de 100 m.

Para a análise dos resultados da interpretação visual foi gerado um gráfico da área (Km<sup>2</sup>) de cada classe geomorfológica identificada. Este gráfico permitiu uma melhor observação da diferença na habilidade das imagens (original e degradada) em detectar as feições mapeadas (Figura 5).

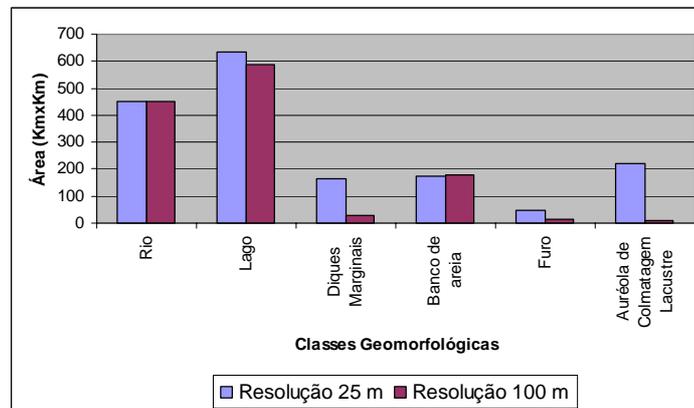


Figura 5: Área das classes geomorfológicas.

Pela análise da Figura 5 observa-se, que as classes denominados diques marginais e auréola de colmatagem lacustre foram as que sofreram uma maior redução em área com a degradação da resolução espacial. Estas feições geomorfológicas puderam ser identificadas visualmente devido às suas dimensões espaciais pequenas e à perda da textura da imagem.

A análise do gráfico (Figura 5) evidencia a magnitude da área ocupada pelos sistemas lacustres no setor da planície estudada, 37% e 46% para a resolução de 25 m e 100 m,

respectivamente. A área de estudo caracteriza-se por uma grande diversidade de lagos, que se diferenciam na gênese e conseqüentemente na forma.

## 4.2 Quantificação das Morfologias Lacustres

A forma é um critério relevante para a classificação dos sistemas lacustres, uma vez que ela interfere no funcionamento e estrutura dos sistemas aquáticos (Sperling, 1999). A Tabela 4 apresenta o número total de lagos, segundo sua classe morfológica, identificado nas imagens RADARSAT com resolução de 25 e de 100, respectivamente.

**Tabela 4:** Total de lagos da área de estudo, por classe morfológica, identificados nas imagens RADARSAT de resolução espacial 25 e 100 m.

Morfologia	Nº de lagos na imagem de 25 m	Nº de lagos na imagem de 100 m
Lagos Compostos	64	31
Lagos Crescentes	241	23
Lagos Dendríticos	8	3
Lagos Circulares/Ovais	818	119
Total de lagos	1131	176

Pela análise da tabela 4 conclui-se que houve uma redução no total de lagos presentes na área de estudo devido à degradação da resolução espacial de 25 m para 100 m. As maiores reduções verificaram-se para os lagos crescentes e circulares/ovais, 90,4% e 85,45%, respectivamente. As Figuras 6(a) e 6(b) apresentam a distribuição das morfologias lacustres segundo o número total de lagos e a área (Km<sup>2</sup>), para ambas as resoluções.

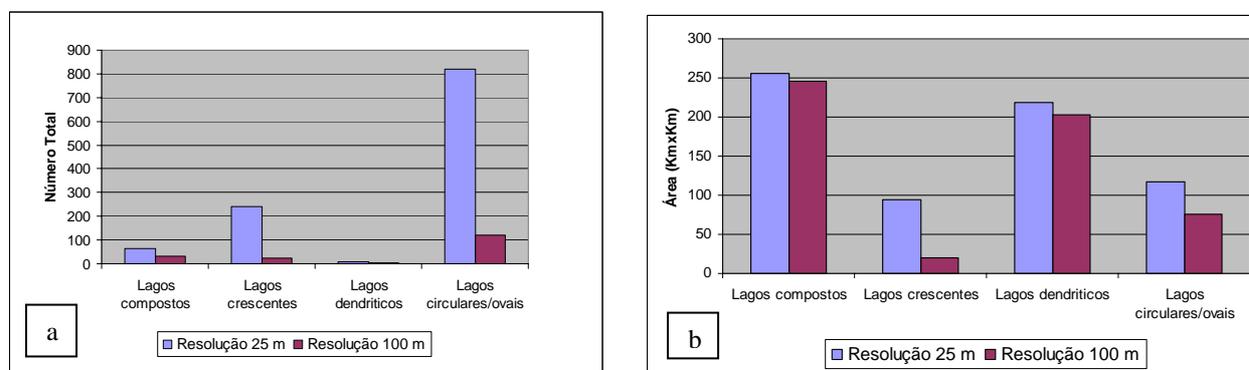


Figura 6: Número total de lagos (a) e área (b) por tipo de morfologia.

A análise destes gráficos permite verificar que a área ocupada pelos lagos crescentes foi subestimada - em torno de 80% - devido a reamostragem da resolução espacial. Esta classe ocupou 15% da área total (Km<sup>2</sup>) na imagem com resolução 25 m e apenas 3% na imagem com resolução de 100 m.

Além disso, para as imagens de ambas as resoluções (25 e 100 m) a relação entre o número total de lagos presentes e a área ocupada pelos mesmos não é proporcional. Isto pode ser observado principalmente nos lagos “dendríticos”, os quais são pouco representativos em termos de número de lagos, mas ocupam mais de 30% da área de estudo. Ao contrário os “circulares/ovais” são em grande número, mas ocupam pouca área.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados alcançados, concluiu-se que a identificação das classes geomorfológicas foi comprometida quando adotada a imagem com resolução espacial de 100 m.

A análise dos dados quantitativos permitiu detectar as semelhanças e diferenças no mapeamento de formas fluviais em decorrência da degradação da resolução espacial aplicada às imagens.

As alterações mais significativas ocorreram nas classes geomorfológicas diques marginais e auréola de colmatagem lacustre que tiveram suas áreas reduzidas em 80% e 92%, respectivamente, devido à degradação da resolução espacial. Estas feições geomorfológicas passaram a não mais serem identificadas visualmente devido as suas dimensões espaciais e por serem alvos espectralmente semelhantes aos que dominam a cena.

Com relação à classe de lagos as maiores reduções verificaram-se para os lagos crescentes e circulares/ovais 90,4% e 85,45%, respectivamente. Esta redução pode ser explicada devido ao padrão espacial destes lagos. Classes mais agrupadas são melhores detectadas em imagens de baixa resolução, enquanto que os lagos crescentes e circulares/ovais, além de serem menores em área, são mais dispersos do que os lagos dendríticos e compostos.

Este trabalho é parte de uma dissertação de mestrado na qual outros sensores e processamentos estão sendo avaliados.

## BIBLIOGRAFIA

Cristofoletti, A. **Geomorfologia Fluvial. O canal fluvial**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda., 1981. 313 p. Cap. 6: Formas de relevo originadas em ambientes fluviais, p. 210-297.

Guerra, A. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

Hess, L. L.; Melack, J. M.; Novo, E. M. L. M.; Barbosa, C. C. F.; Gastil, M. Dual-Season Mapping of Wetland Inundation and Vegetation for the Central Amazon Basin. **Remote Sensing of Environment**, nº 87. p. 404-428, 2003.

Nunes, B. A.; Ribeiro, M. I. C.; Almeida, V. J.; Filho, T. N. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1994.

Ponzoni, F. J.; Galvão, L. S.; Epiphânio, J. C. N. Influência da resolução espacial sobre a quantificação de áreas não florestadas em ambiente amazônico. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais. São Paulo: Sonopress, 2001. (CD-ROM).

Sperling, E. V. **Morfologia de lagos e represas**. Desa/UFMG, 1999. 137 p.

Straskraba, M., Gnauck, A. **Aquatische Okosysteme: Modellierung und Simulation**. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1982.