

Caracterização das feições morfoestruturais da plataforma continental do RN com o uso de processamento digital de imagens do Landsat-7

Vinicius Carbone Bernardes de Oliveira¹
Renato Rodrigues Dutra¹
Ricardo Farias do Amaral¹
Vanildo Fonseca Faria¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Caixa Postal 1039 – Lagoa Nova – Natal – RN – 59089-970

carbone.bernardes@gmail.com, renatorjrn@yahoo.com.br, ric@ufrnet.br, vpfonseca@ufrnet.br

Abstract: This study aims to detect, locate and classify submerged morphostructural features, through the use of remote sensing, based on digital image processing of Landsat 7 ETM+ satellite sensor. The area of study is the submerged part of the Folha Touros (SB.25-CV-II), located on the continental shelf at the northern portion of Rio Grande do Norte state. The images from Landsat satellite were georeferenced, and subsequently digitally processed. Colored compositions was made using bands 1, 2 and 4 at RGB space. After that, contrast stretch, analysis of main components and application of directional filter were tried, in order to enhance and facilitate the identification of the subsurface features. As a result of this process, the study area was divided in zones (coastal zone, sublittoral turbid zone, sand ribbon zone, subaqueous dunes zone, algal stabilized zone, lithified sediments zone and sand-ribbon-edge). the presence of linear features such as transverse structures, alignments, stripes, oblique flow channels and dunal ridges, were identified too. After identification, the features were vectorized based on visual interpretation, generated a map of morphostructural features. Thus, this work highlights the importance of remote sensing from the digital image processing, as a practical and accurate method for mapping submerged areas in shallow and clear waters.

Palavras-chave: remote sensing, continental shelf, submerged features, Landsat, sensoriamento remoto, plataforma continental, feições submersas.

1. Introdução

Este artigo é parte integrante do esforço para o levantamento batimétrico e faciológico da plataforma continental rasa do estado do Rio Grande do Norte, que está sendo realizado, pelo Laboratório de Estudos Geoambientais do Departamento de Geologia da UFRN – LEGEO/UFRN, através de convenio entre o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Fundação Northeriograndense de Pesquisa e Cultura (FUNPEC) com vistas à avaliação do potencial dos constituintes granulados marinhos que ocorrem na área de estudo (Projeto GranMar/RN). A topografia da plataforma continental e o seu conteúdo sedimentar superficial estão sendo estudados através de compilação de dados preexistentes, coleta de dados batimétricos, amostragem de sedimentos e operações de mergulho. Os dados estão sendo organizados e trabalhados em um ambiente de um Sistema de Informações Geográficas.

A composição espectral do fluxo radiante proveniente da superfície da Terra produz informações sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos, vegetações e águas que caracterizam o sistema terrestre (Huete,1988). O advento dos satélites de sensoriamento remoto tem favorecido, nos últimos anos, a realização de levantamentos à distância da superfície terrestre em áreas extensas e inóspitas, favorecendo principalmente os mapeamentos e monitoramentos sazonais da superfície da Terra. As imagens de sensores orbitais e fotografias aéreas apresentam a característica de agrupar um elevado número de informações, freqüentemente não disponíveis nos mapas oficiais. Contudo, as informações oriundas do sensoriamento remoto comumente necessitam ser processadas digitalmente, a fim de que sejam realçados os alvos de estudo.

A literatura apresenta vários estudos em áreas submersas a partir de imagens de satélite por se caracterizar de um método barato e eficaz. Ele pode ser utilizado simplesmente na

orientação de estudos de campo ou, ainda, associado a outras pesquisas como, por exemplo a batimétrica. Nesse contexto, o presente trabalho faz uso do processamento de imagens oriundas do satélite Landsat-7 a fim de detectar, localizar e classificar as feições de fundo de da plataforma continental rasa do Rio Grande do Norte.

A primeira tentativa de divisão morfológica da plataforma do Nordeste deve-se a Kempf *et al.* (1970), que estabeleceram a profundidade de 35-40m, como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral. Especificamente sobre a análise das formações recentes na plataforma rasa nordestina, despontam os trabalhos que, baseados em imagens dos sensores MSS e TM, obtidas da plataforma Landsat, detalham aqueles resultados pioneiros, conseguidos a partir da coleta de sedimentos superficiais e de alguns perfis batimétricos. Dentre os trabalhos executados com o uso de imagens de satélite, destaca-se, por seu pioneirismo, o artigo de Vianna & Solewicz (1988), seguido imediatamente por uma série de outros artigos na mesma área geográfica, sempre relacionados ao uso das informações do sensor remoto do Landsat (Vianna and Solewicz, 1988; Vianna, Solewicz e Cabral, 1989; Solewicz, 1989; Vianna e Solewicz at al., 1991; Vianna, Cabral and Gherardi, 1993; Testa, 1996; Testa, 1997; Testa, Bosence, and Vianna, 1997; Testa and Bosence, 1998).

2. Área de estudo

A área objeto deste artigo corresponde ao segmento de transição entre a porção oriental e a setentrional da plataforma continental ao largo do Estado do Rio Grande do Norte, correspondendo a área submersa (plataforma continental) presente na carta SB-25-V-C-II (Folha Touros; referencial do IBGE, na escala 1:100.000)(Figura 1).

A profundidade dos recifes se apresenta entre 50 cm e 2,5 m na maré vazante, com águas cristalinas e enorme variedade de espécies (fauna e flora), medindo 3x9 km, estendendo-se em direção paralela ao continente e distante deste cerca de 7 km. A precipitação pluviométrica anual é aproximadamente 1.500 mm, com temperatura mínima em torno de 20°C, média 27°C e máxima de 32°C. Os parrachos compreendidos pela (APARC), fazem parte de um complexo maior de formações recifais do litoral setentrional do Rio Grande do Norte onde o regime climático é do tipo Af, "tropical úmido" segundo Köppen-Geiger e a direção predominantes dos ventos é sudeste.

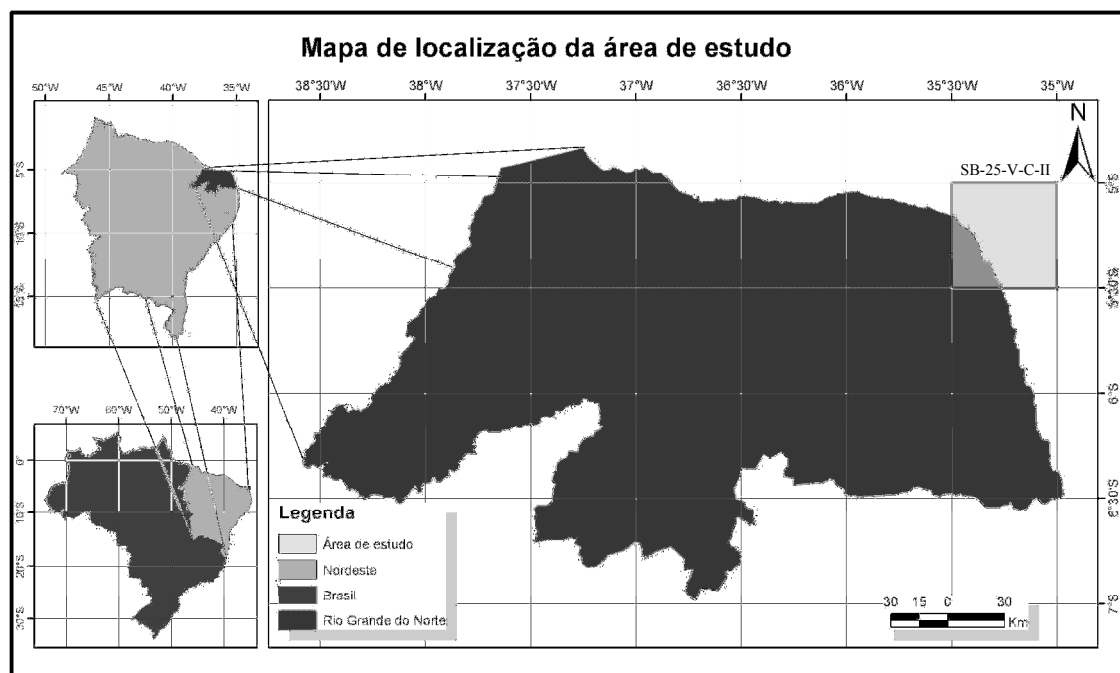


Figura 1. Localização da área de estudo, carta SB-25-V-C-II (Folha Touros; referencial do IBGE, na escala 1:100.000).

3. Metodologia

A utilização de imagens de satélite para estudo de feições submersa na área gera bons resultados, visto que a zona de turbidez, que impede a visualização do fundo marinho, fica restrita uma faixa a 5 km da costa, dessa forma, no restante da plataforma, a profundidades maiores que 10 m, pode-se observar as feições de fundo com clareza até as proximidades da isóbata de 30 m (Vianna e Solewicz, 1988).

Neste trabalho foi utilizado a imagem do sensor ETM+ do satélite Landsat 7, cena 214-64, de 19/11/1999.

A imagem foi georreferenciada com base na imagem GEOCOVER da Folha Touros (SB.25-V-C-II). O datum utilizado, não só no georreferenciamento, como em todo o trabalho, foi o WGS84. A imagem foi cortada para focar a área da APARC-RN.

Utilizou-se do processamento digital de imagem (PDI), a fim de realçar e facilitar a identificação das feições submersas. Foram realizados realces no domínio espectral a partir de composições coloridas, ampliações de contraste e análise de principais componentes (APC), e realces no domínio espacial a partir de filtro direcional.

Realce no domínio espectral a partir de composição colorida consiste em sintetizar numa única imagem colorida a informação contida em três bandas que anteriormente eram observadas separadamente e em tons de cinza (Perrotta, 2005). Cada banda é atribuída a um canal RGB (vermelho, verde e azul), sendo, portanto, a ordem de composição das bandas de suma importância no resultado final. Dessa forma, a diferença entre as cores da composição facilita a observação das feições presentes na imagem.

Os níveis de cinza originais de uma cena, obtidos pelo sensor remoto do satélite, não ocupam todo o intervalo possível, ou seja, o contraste, medida do espalhamento dos níveis de cinza em uma imagem, é pequeno, o que dificulta a discriminação entre os alvos da imagem. Portanto, utiliza-se de uma transformação matemática, a ampliação de contraste, também chamada de realce de contraste, a fim de ampliar o espalhamento original para toda a escala de níveis de cinza ou números digitais disponíveis. No trabalho as ampliações de contraste foram realizadas após a composição colorida ter sido feita, em cada uma dos canais RGB.

A informação espectral contida num conjunto de bandas é bastante redundante. Dessa forma, baseando-se em uma série de passos matemáticos e estatísticos, a análise de principais componentes (APC) consiste em determinar a extensão da correlação e removê-la. Um conjunto N de imagens de entrada vai produzir, quando processadas através da ACP, um outro conjunto de imagens de saída, sem nenhuma correlação (Silva, 2004). A respeito desse conjunto de saída tem-se que a PC1 irá conter a informação que é comum a todas as bandas, a PC2 irá conter a feição espectral mais significativa do conjunto e assim sucessivamente, de forma que as últimas irão conter as feições espectrais menos significativas e ruídos (Perrotta, 2005). Sobre a utilização dessa ferramenta para estudos de áreas submersas, de acordo com Tabosa (2006), o uso da análise por principais componentes reduz a dimensionalidade espectral das imagens, observando-se uma concentração das informações referentes a qualidade/profundidade da coluna d'água e as feições submersas.

O realce no domínio espacial da cena foi feito a partir de filtro direcional, que assinala as altas frequências espaciais das imagens expressas pelas fortes transições de níveis de cinza associadas aos lineamentos, diminuindo, consideravelmente, ruídos ou falhas na imagem. O filtro direcional realça feições em uma direção pré-determinada de acordo com o objetivo do uso da ferramenta. No caso desse trabalho, foi utilizado 90°, a fim de evidenciar variações de relevo.

Foram utilizados os software ENVI 4.2 para o processamento digital de imagens e ArcMap 9.2 para integração dos dados e elaboração do mapa de localização.

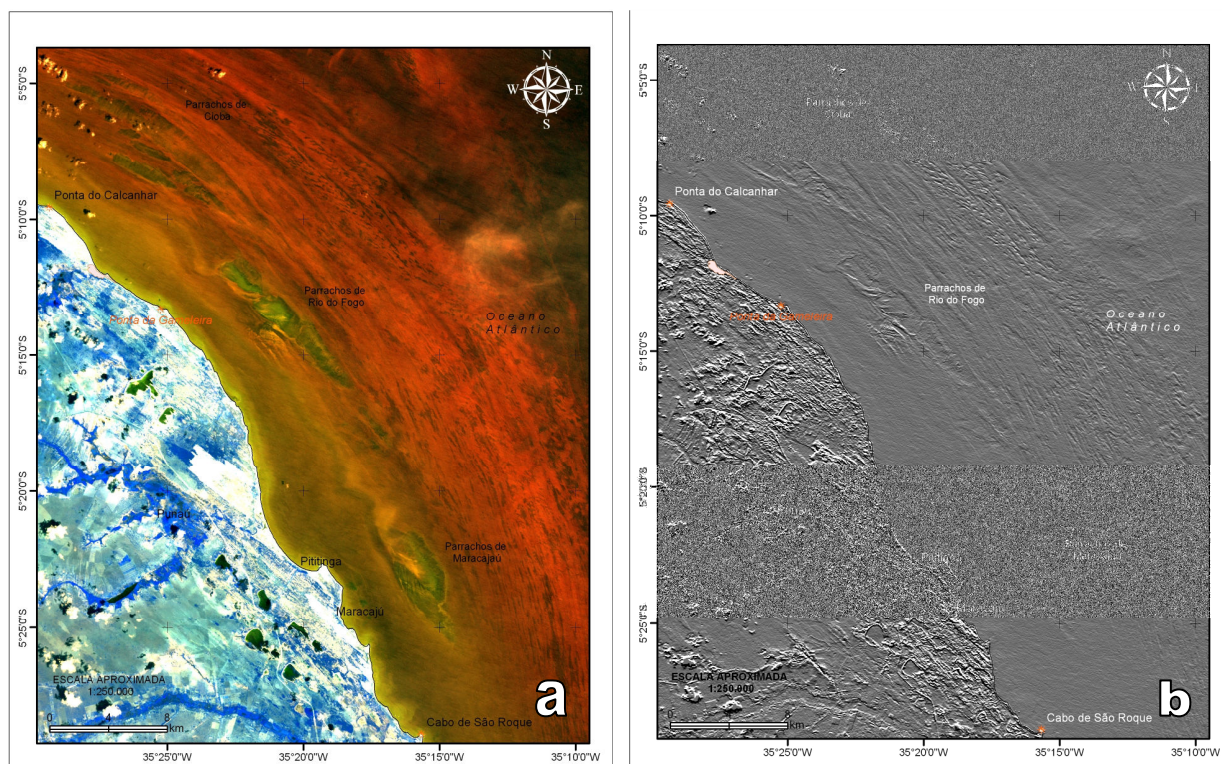


Figura 2.a. Composição colorida RGB-1-2-4 imagem do sensor ETM+ do satélite Landsat 7, cena 214-64, de 19/11/1999 com realce de contraste, utilizada para caracterização morfoestrutural. **b.** Aplicação de filtro direcional (90°) na banda 2 da mesma cena, a fim de evidenciar as variações de relevo.

4. Resultados e discussão

A construção do mapa de feições morfoestruturais de fundo utilizou como ponto de partida as informações já obtidas em trabalhos anteriores, basicamente naqueles de Testa, Costa e Vianna, acima referenciados. A estas informações foi acrescida a interpretação da imagem do sensor ETM+ do satélite Landsat 7, cena 214-64, de 19/11/1999, através de interpretação visual. Desta forma foram identificadas cinco feições lineares principais:

Estruturas transversais – são mais visíveis no setor SW da área, em sua borda externa, têm direção aproximadamente 45°Az e correspondem a uma série de alinhamentos sutis e paralelos entre si.

Alinhamentos – estes são claramente perceptíveis e dominam a zona morfossedimentar faixa de areia; são paralelos entre si à linha de costa. São interpretados como formados a partir das ondulações longitudinais presentes.

Riscas – são alinhamentos isolados, bem definidos e aproximadamente paralelos à linha de costa, interpretados como linhas de arenito recobertas em graus diferentes por construções biogênicas. São utilizadas localmente como “pesqueiros”.

Canais de fluxo oblíquo – feições, ainda não documentadas, que cortam transversalmente os alinhamentos, são interpretadas provisoriamente como zonas de instabilidade hidrodinâmica ou canais de fluxo cujo significado ainda não está bem entendido.

Cristas dunares – Representam as cristas no grande campo de dunas subaquosas.

Os sedimentos carbonáticos da plataforma nordestina são, por sua vez, essencialmente areia e cascalho formados por artículos, fragmentos e restos de algas coralíneas ramificadas ou maciças, com predominância de artículos de *Hallimeda* em alguns locais. Nas pequenas depressões topográficas da plataforma ou nas zonas protegidas pelos recifes, acumulam-se lamas calcárias e terrígenas, ricas em matéria orgânica com abundância de *Hallimeda* (KEMPF, 1970c)

Testa (1999) sugeriu cinco grandes zonas sedimentares e biogênicas distintas, na plataforma interna, logo ao norte da área de estudo, as quais foram definidas a partir da interpretação de imagens de satélite (Vianna & Solewicz, 1988) e posterior visita a campo com coleta direta por mergulho.

Decidiu-se neste artigo adotar as zonas propostas por Testa (op.cit.), acrescidas de uma sexta: “borda da faixa de areias”, interpretação obtida a partir da análise de imagens satelitais. São elas, no sentido do continente para o mar (figura 3):

Zona Costeira (*Coastal zone*), correspondendo ao limite continente – oceano.

Zona túrbida sublitorânea (*Sublittoral turbid zone*). A zona túrbida sublitorânea posiciona-se paralela à linha de costa, tem uma largura de 9km e é caracterizada por areias ricas em *Halimeda* remobilizada (corroborando as observações de FRANÇA, COUTINHO e SUMMERHAYES (1976). Está entre a costa e os recifes de coral solitários, areias carbonáticas com rodolitos e algas calcárias verdes ramificadas. Também são encontradas lamas em áreas protegidas.

Faixa de areia (*Sand ribbon zone*). A zona da faixa de areia tem uma largura de 8km a 10km. Compreende o campo de manchas de areia (*patches sand*) longitudinal e faixas de areias. Canais de areia e camadas de algas estabilizadas. Consiste de areias grossas de algas calcárias com rodolitos.

Dunas subaquosas (*Subaqueous dunes zone*). A zona de dunas subaquosas é uma área em forma de cunha, com uma largura de 1 a 10km e um comprimento de 30km paralela à costa. Compreende uma planície de areia e dunas transversais muito grandes que se movem em direção ao noroeste. É composta por areias quartzosas, com menos de 5% de CaCO_3 . As quilhas das dunas consistem de camadas de rodolitos mortos e algas coralinas.

Algas estabilizadas (*Algal stabilized zone*). A zona de algas estabilizadas é uma zona em forma de “Y”, interdigitada com a zona das dunas subaquosas. Consiste de sedimento algal coralino (*coralline algal maërl*) estabilizado coberto por algas bentônicas.

Sedimentos litificados (*Lithified sediment zone*). Esta zona representa a margem oceânica da plataforma interna. Tem uma largura máxima de 9km e um comprimento aproximado de 50km. Contém afloramentos submersos, com até 4m acima do soalho oceânico.

Borda da Faixa de Areias. Esta feição está localizada no setor sudeste da área de estudo e é claramente observado na imagem do sensor ETM/Landsat.

A síntese destas informações resultou em um mapa morfoestrutural apresentado na figura 3.

- Da Silva, S. T. **A estimativa do índice de vegetação com classificação de imagem multiespectral através de componentes**. 2004. 16p. Programa de pós-graduação em meteorologia.Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.2004.
- Henriques, A. P. M. **Classificação de imagens de ambientes coralinos: uma abordagem empregando uma combinação de classificadores e máquina de vetor de suporte**. 2008. Tese (Doutorado em Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação) - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil. 2008
- Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- Kempf, M. et al., 1970.- Characterization of surface sediments on northern and brazilian shelf. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26. **Anais**, Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 2: 261-265p.
- Köppen, W. **Climatologia Tradicional**. Traduzido para o Espanhol por Pedro Henchies Pérez. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- Meneses, P. R.. **Curso de Extensão: Conceitos e metodologias de sensoriamento remoto para aplicações multidisciplinares**. Distrito Federal: Universidade de Brasília, 1988. 47 p.
- Perrota, M. M. Tutorial **de processamento digital básico de imagens de sensores remotos ópticos para uso em mapeamento geológico**.Brasil:CPRM, 2005.43 p.
- Tabosa, W. F. ; Amaro, Venerando Eustáquio ; Vital, Helenice . Análise de ambiente costeiro e marinho, apartir de produtos de sensoriamento remoto na região de São Bento do Norte, NE Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, p. 37-48, 2007.
- Testa, V. and Bosence, D.W.J. **A distally steepened, high energy, tropical ramp from the northeast Brazilian shelf**. In: Carbonate Ramps: Oceanographic and Biological Controls, Modelling and Diagenesis (Ed. by V. P. Wright and T. P. Burchette), Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 149, 55-71. 1998.
- Testa, V. **Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE Brazil**. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp. Panama, 1, 737-742. 1997.
- Testa, V. Quaternary **Sediments of the Shallow Shelf, Rio Grande do Norte, NE Brazil**. PhD thesis,University of London. 1996.
- Testa, V., Bosence, D.W.J. and Vianna, M.L. **Submerged lithologies as indicators of relative sealevel oscillations in Rio Grande do Norte, NE Brazil**. Proc. 4th Cong. Brasileiro de Estudos do Quaternario, 155-160. 1997.
- Testa, V., Gherardi, D.M., Bosence, D.W.J. and Vianna, M.L. **Tropical algal carbonates from shelf and offshore atoll environments, Northeast Brazil**. Abstracts 14th Int. Sedimentological Congress, Recife. 817-818. 1994.
- Vianna, M.L.; Solewicz, R. **Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do Rio Grande do Norte visíveis por imagens de satélites**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 1988, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2008. Artigos, p. 581-587.
- Vianna, M. L., Cabral, A. P., Gherardi, D. F. M. TM-Landsat imagery to the study of the impact of global climate change on a tropical coastal environment during the last deglaciation. **Int. Journal Remote Sensing**. v. 14, n.14, p. 2971-2983. 1993.
- Vianna, M. L., Solewicz, R. **Feições fisiográficas submarinas da plataforma continental do RN visíveis por imagens de satélite**. In.: simpósio em sensoriamento remoto, Natal, 1988. **Anais...** Natal: [s.n.], v.3. 1988. p. 581-587.

Vianna, M. L., Solewicz, R., Cabral, A. P. Early Holocene stillstands in the brazilian northeast mapped by satellite. In: International Symposium on Global Changes in South America During the Quarternary: Past-Present-Future, São Paulo, 1989. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 8-12 may, 1989. p. 250-254.