

## Modelagem tridimensional da região sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil

M.L.C.C. Rosa<sup>1</sup>, R.N. Ayup-Zouain<sup>1,2</sup> & E.G. Barboza<sup>1,3</sup>

1 UFRGS – Instituto de Geociências – Laboratório de Modelagem de Bacias, Caixa Postal 15.001, mluiza7@hotmail.com

2 UFRGS – Instituto de Geociências – Departamento de Geodésia, Caixa Postal 15.001, ricardo.ayup@ufrgs.br

3 UFRGS – Instituto de Geociências – Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Caixa Postal 15.001, eduardo.barboza@ufrgs.br

**Abstract** Three-dimensional visualization tools can be applied to distinguish the spatial distribution of geomorphologic and stratigraphic aspects, which are significant to understand the geological evolution of an area. This kind of visualization can be made into a Geographic Information System (GIS) project. The study area is situated in the south of Rio Grande do Sul Coastal Province, between latitudes 31° and 34° S, and longitudes 48° and 54° W. Rio Grande do Sul Coastal Province encloses Pelotas Basin, which is formed by continental margin sedimentary deposits, and by the bedrock (Parana Basin and Uruguaio-Sul-Rio-Grandense shield). The digital elevation model was interpolated with bathymetric curves from continental shelf and from Mirim and Manguieira lagoons to generate a new three-dimensional model. This model was associated with a database in a GIS project, and then used as an altimetric datum for satellite images, geological and faciological maps, and also for the creation of topographical profiles. The use of a three-dimensional model with a database into a GIS project was very useful to show diverse information integrated. This information helped to correlate the geological registry with the processes which have occurred in the study area.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, estratigrafia, geomorfologia, paleocanal, Banhado do Taim.

**INTRODUÇÃO** O registro geomorfológico e estratigráfico presente no litoral do Rio Grande do Sul corresponde a depósitos sedimentares da Bacia de Pelotas, formados desde o Plioceno até o Recente. Além desses depósitos, como substrato da Bacia de Pelotas, ocorrem as rochas correspondentes a Bacia do Paraná e ao Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense.

Os depósitos sedimentares presentes nessa região representam antigos sistemas deposicionais costeiros, correspondentes aos elementos arquiteturais que compõem os sistemas deposicionais do tipo Laguna/Barreira. Esses elementos são antigas lagoas, dunas, canais e praias e encontram-se preservados na morfologia da planície costeira.

A área deste estudo é a região sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul, abrangendo a plataforma continental, a planície costeira e o embasamento adjacente. Localizada aproximadamente entre as latitudes 31° e 34° S e as longitudes 48° e 54° W (Fig.1).

Diversos estudos foram desenvolvidos nessa região, destacando-se os trabalhos de Delaney (1965), Soliani Jr. (1973), Abreu *et al.* (1983), Gomes *et al.* (1987), Horn Filho *et al.* (1988), Buchmann (1997), Buchmann *et al.* (1997), CPRM/UFRGS/CECO (2000) e Ayup-Zouain *et al.* (2003), Barboza *et al.* (2005) e Rosa *et al.* (2005).

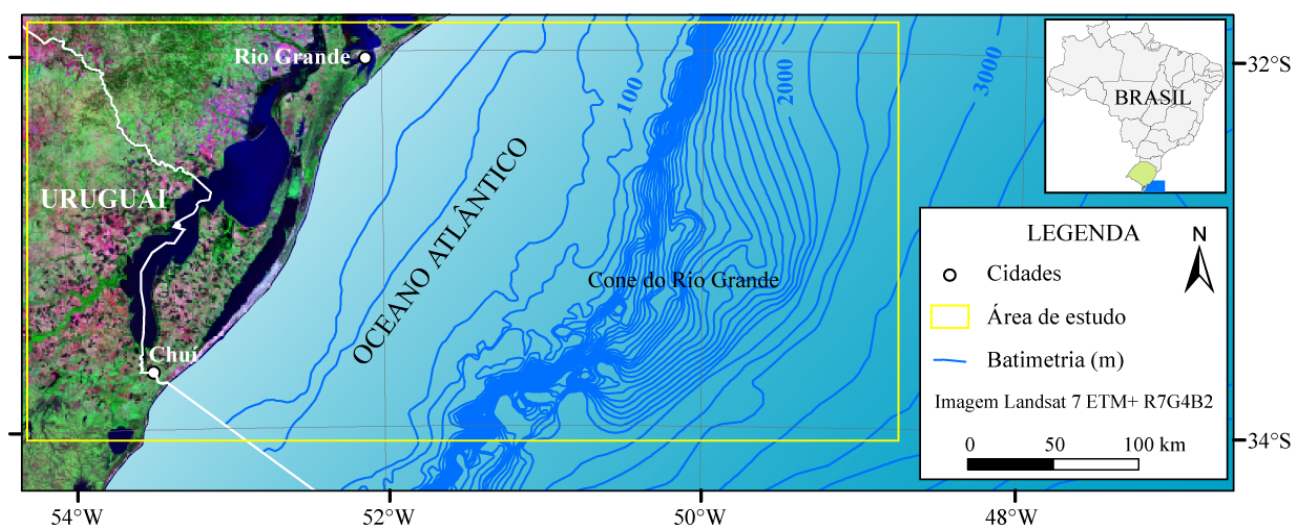


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

A utilização de um sistema de informações geográficas (SIG) para integração de um banco de dados possibilitou a elaboração de um modelo tridimensional. Empregado como base para a visualização de aspectos geomorfológicos e estratigráficos, esse modelo auxiliou a identificação de feições associadas à evolução paleogeográfica da região sudeste do Rio Grande do Sul.

**CONTEXTO GEOLÓGICO** A área do presente estudo situa-se no contexto geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul (Villwock 1984). Essa província abrange os depósitos sedimentares da Bacia de Pelotas e o embasamento adjacente (Bacia do Paraná e Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense) (Fig. 2). A Planície Costeira do Rio Grande do Sul representa a seção superior emersa da Bacia de Pelotas, tendo sido esculpida pelas variações do nível relativo do mar em eventos transgressivos-regressivos.

Esses eventos ficaram registrados em quatro sistemas deposicionais do tipo Laguna/Barreira (Villwock *et al.* 1986). Na área deste estudo estão presentes os depósitos de leques aluviais, gerados desde o Plioceno, interdigitados com os sistemas Laguna/Barreira II, III (pleistocênicos) e IV (holocênico), sendo o último correspondente ao sistema ativo atualmente.

Na margem continental localiza-se o Cone do Rio Grande, um prisma sedimentar com mais de 10.000 m de espessura, que abrange o talude e a plataforma continental (Martins *et al.* 1972).

O embasamento da Bacia de Pelotas aflora na porção oeste da área de estudo, na qual se encontram rochas vulcânicas e sedimentares da Bacia do Paraná e rochas ígneas e metamórficas do Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. Essas rochas se estendem para sudoeste e sul em direção ao Uruguai.

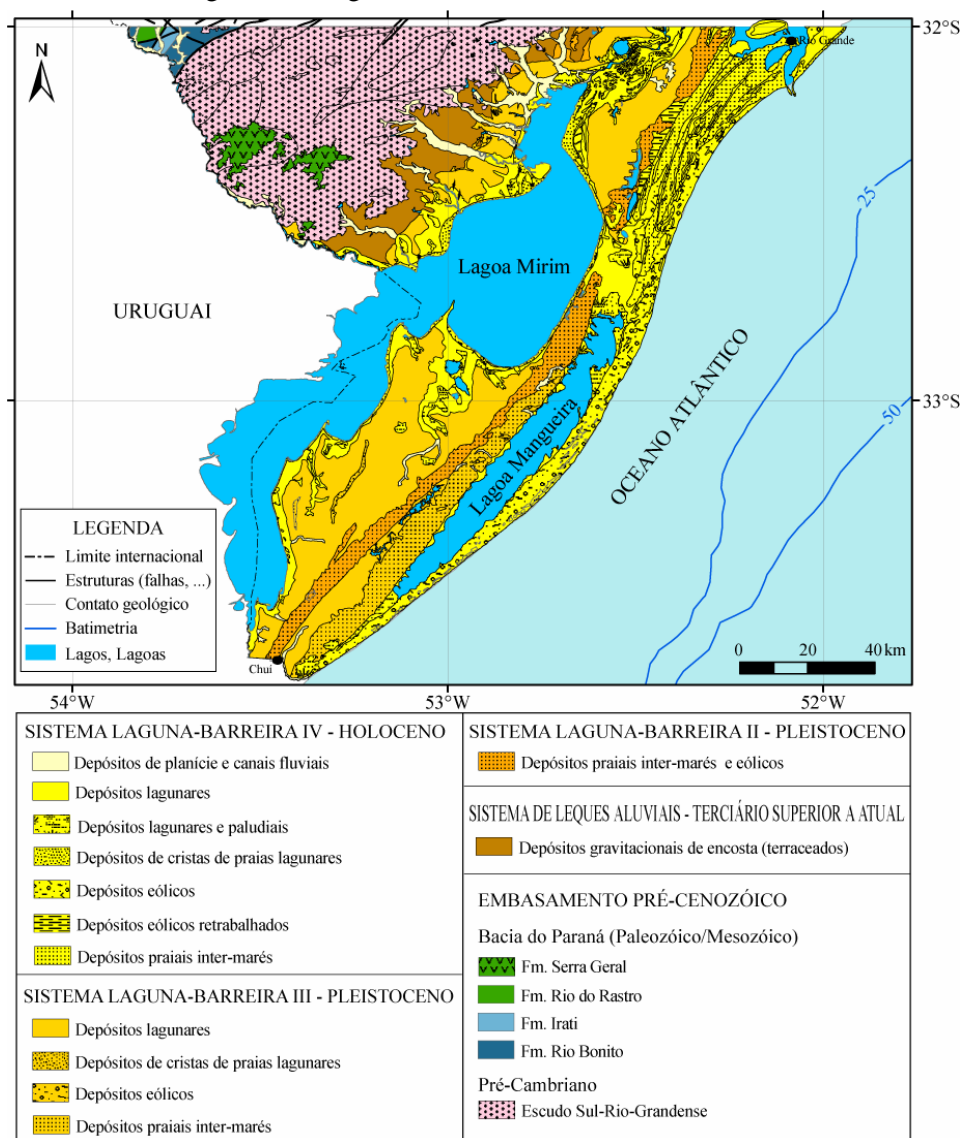


Figura 2. Mapa geológico com as folhas de Jaguarão, Santa Vitória do Palmar e Rio Grande (modificado de CPRM/CECO 2000)

**MATERIAIS E MÉTODOS** Para a geração de um modelo tridimensional foi utilizado o modelo digital de elevação do terreno obtido por radar (SRTM/NASA). Desse modelo geraram-se curvas de nível em intervalos de 5 m na planície costeira e 20 m nas terras altas (leques e embasamento).

As curvas geradas foram interpoladas com as curvas de batimetria oceânica (ANP/BEDEP) e das lagoas Mirim e Mangueira (IPH/UFRGS). Por meio da técnica de interpolação *Natural Neighbors* foi obtido um novo modelo tridimensional integrado (Fig. 3).

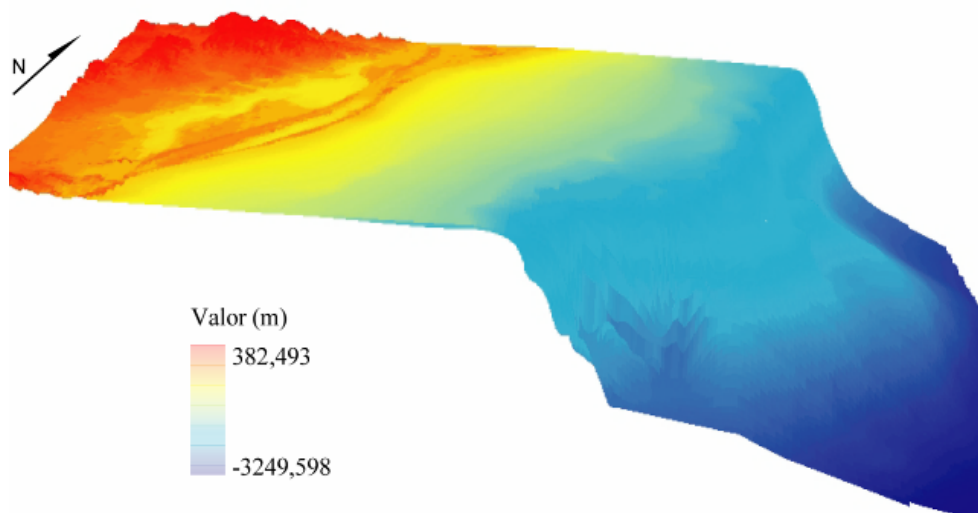


Figura 3. Modelo tridimensional integrando dados de batimetria oceânica (BEDEP/ANP) e das Lagoas Mirim e Mangueira (IPH/UFRGS) com o modelo digital de elevação do terreno (SRTM/NASA). EV = 50 x

Em um sistema de informações geográficas (SIG), o novo modelo foi associado a um banco de dados obtido previamente.

Essa associação teve por objetivo a utilização do modelo como base altimétrica para imagens de

satélite, mapas geológicos e faciológicos e também para a elaboração de perfis topográficos.

Os softwares utilizados para o processamento dos dados foram o ENVI®, o Global Mapper® e o ArcView®, módulos ArcMap® e ArcScene® (Fig. 4).

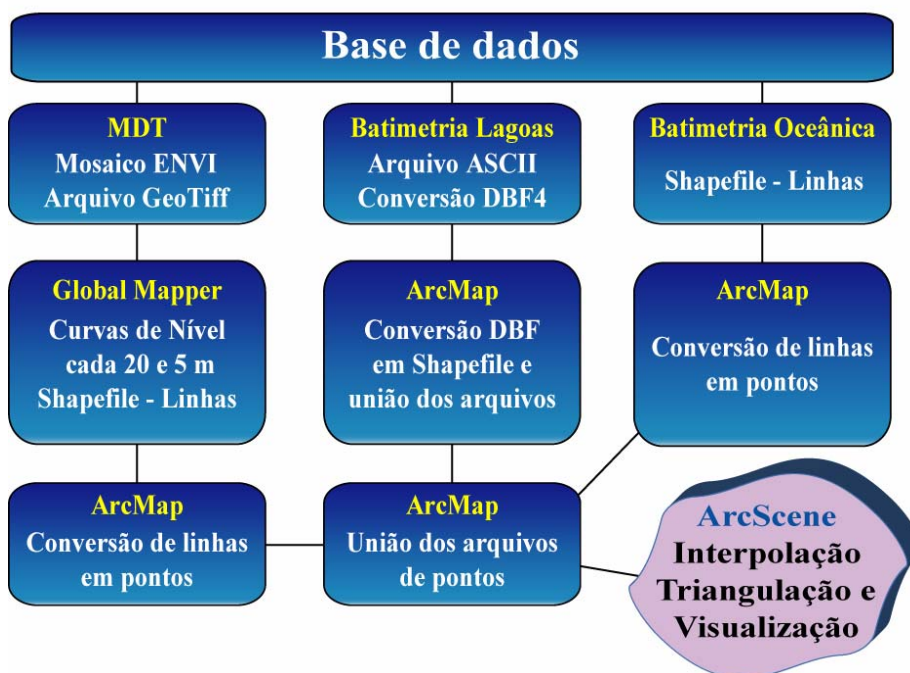


Figura 4. Fluxograma com a associação de dados para a geração do modelo tridimensional integrado



**RESULTADOS** O modelo tridimensional empregado como base para imagens de satélite permitiu a visualização das variações altimétricas entre os três sistemas deposicionais do tipo Laguna/Barreira, presentes na região (Fig. 5). Essa visualização possibilitou uma excelente discriminação entre a planície costeira e o embasamento cristalino.

Na região dos leques aluviais, os quais ocorrem entre o embasamento cristalino e os sistemas deposicionais do tipo Laguna/Barreira, encontram-se feições de terraços escalonados. Esses terraços teriam sido gerados por variações do nível lagunar (Tomazelli & Villwock 2000), que por sua vez estariam ligadas às variações do nível relativo do mar durante o Quaternário. Como resposta a essas variações, o sistema de leques aparece aplainado na visualização tridimensional das imagens de satélite.

Por meio da justaposição do modelo com uma imagem do satélite LANDSAT 7, sensor ETM+ com data 31/12/2000, composição 7R-4G-2B, foram redefinidas e ampliadas as unidades geomorfológicas identificadas por Barboza *et al.* (2005) (Fig. 5).

Pode-se observar a influência, em determinadas regiões, de florestamentos. Devido ao imageamento pelo radar (SRTM/NASA) do topo de árvores, é gerada uma falsa topografia na forma de “caixotes”. Para melhor calibração do modelo e retirada desse efeito, devem ser associados dados de DGPS.

Utilizando-se o modelo como base para mapas geológicos e faciográficos pode-se verificar uma conformidade, em escala regional, com a disposição dos sistemas deposicionais também visualizados nas imagens de satélite (Fig. 6).

O modelo foi utilizado também na construção de perfis topográficos associados à batimetria das lagoas

Mirim e Mangueira e à batimetria oceânica (Fig. 7). Nessa aplicação foi gerado um perfil transversal à linha de costa no qual se observa que o fundo da Lagoa Mangueira está em torno de 3 m acima do fundo da Lagoa Mirim e, em alguns pontos, encontra-se acima do nível do mar (Fig. 7A).

Essa ocorrência pode estar associada a um processo de retrogradação (Dillenburg *et al.*, 2000), no qual a Lagoa Mangueira estaria sendo comprimida em direção ao continente. Com isto, a lagoa seria barrada pelos antigos sistemas deposicionais e se elevaria em relação à Lagoa Mirim e ao Oceano Atlântico.

Outro perfil foi gerado junto à região da Reserva Ecológica do Taim, com orientação paralela à linha de costa (Fig. 7B). Observa-se a existência de três terraços, os quais foram descritos anteriormente por Ayup-Zouain *et al.* (2003) a partir da interpretação de imagens de satélite. Nesse estudo, os autores associam esses terraços à existência de um paleocanal, tendo sido esculpidos pelas variações do nível relativo do mar. O nível superior foi atribuído ao máximo transgressivo de 120 ka, o nível intermediário ao máximo transgressivo de 7/5 ka, e o nível inferior teria sido formado a partir de 5 ka (Ayup-Zouain *et al.*, 2003). A partir de então a conexão fluvial com o Oceano Atlântico, teria sido fechada com a progradação dos cordões litorâneos que são mapeados na área Ayup-Zouain *et al.* (2003).

Estudos posteriores (Barboza *et al.* 2007) demonstraram que a área teria se comportado como um estuário durante os eventos transgressivos e a instalação de canais teria ocorrido durante os eventos regressivos.

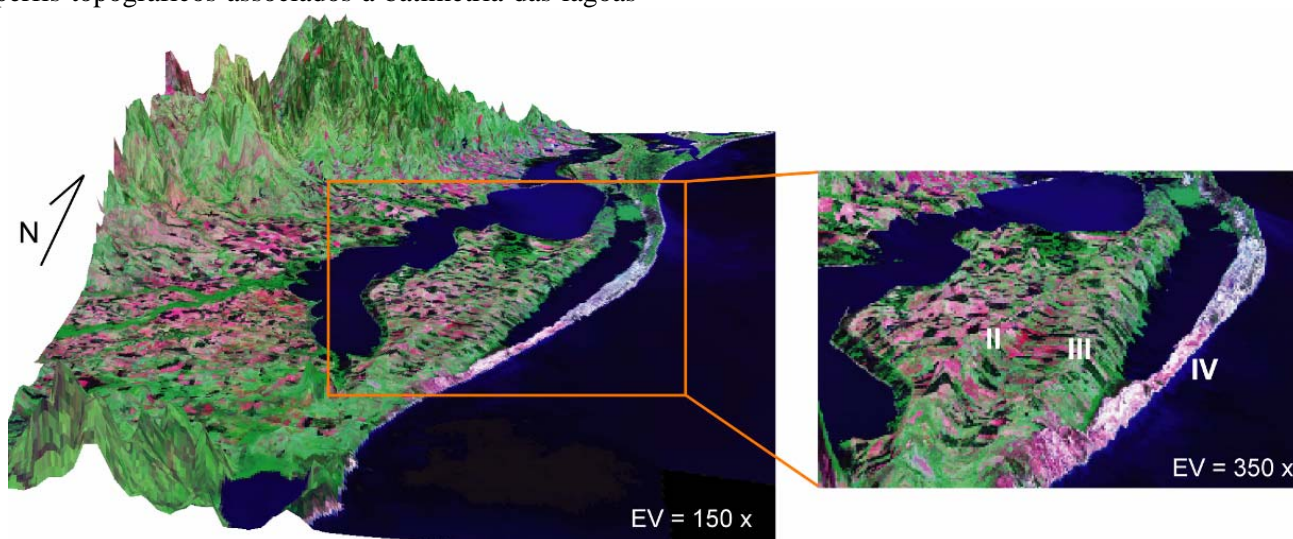


Figura 5. Utilização do modelo como base para a composição colorida de imagem de satélite (Landsat 7 – ETM+ RGB 742), no detalhe podem ser visualizadas as barreiras dos sistemas do tipo laguna-barreira II, III e IV presentes na área

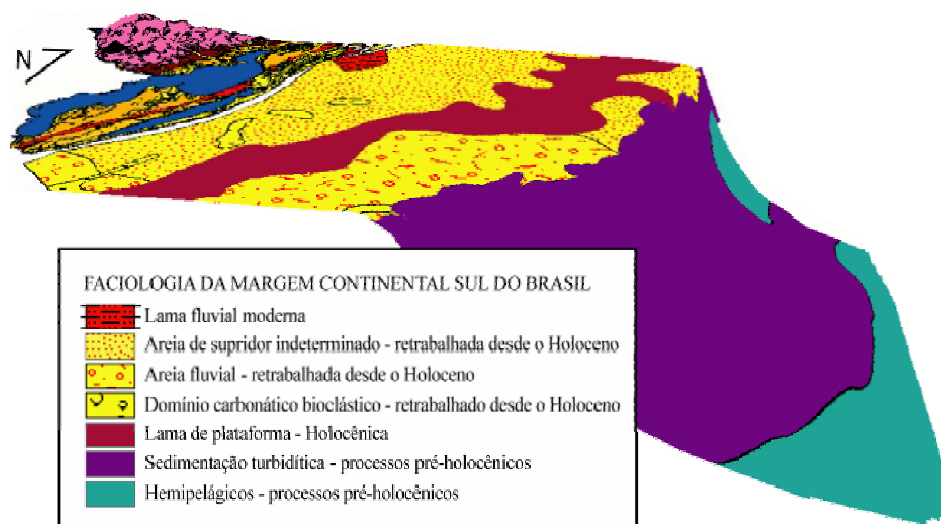


Figura 6. Utilização do modelo como base para o mapa geológico (CPRM/CECO, 2000) e faciológico (modificado de Kowsmann & Costa 1979) mostrando, em escala regional, uma conformidade das unidades mapeadas com a morfologia (EV = 50 x)

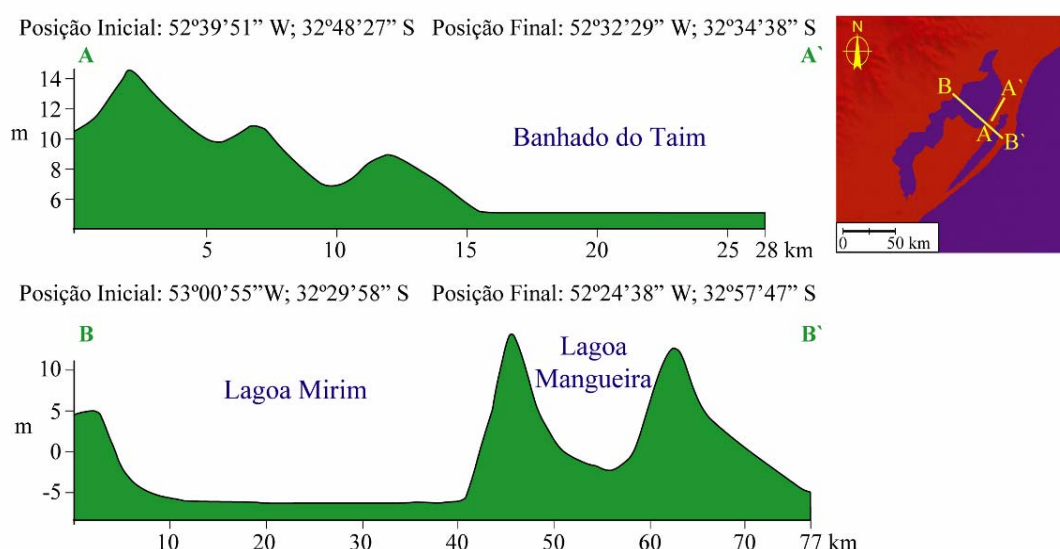


Figura 7. Perfis topográficos obtidos a partir do modelo tridimensional integrado com a batimetria das lagoas Mirim e Mangueira. No perfil superior, com orientação paralela à costa, observam-se terraços relacionados a níveis distintos de estabilização de um paleoestuário. No perfil inferior, perpendicular à costa, pode-se visualizar a lagoa Mangueira em um nível mais elevado em relação à lagoa Mirim e ao oceano Atlântico o que pode ser associado a um processo de retrogradação do sistema Laguna/Barreira IV na região

**CONCLUSÕES** A integração de um banco de dados em um projeto de SIG com um modelo tridimensional composto por dados de batimetria e altimetria, mostrou-se muito eficiente para a visualização tridimensional conjunta de diversas informações.

Na escala deste estudo o modelo digital de elevação do terreno pôde ser empregado com problemas apenas em algumas regiões, devido ao imageamento do topo de árvores.

Em trabalhos onde se necessite um melhor detalhamento, deve-se empregar esse modelo com

cautela. Para identificarem-se as causas de distorções que venham a ocorrer, deve-se utilizar o mesmo associado a imagens de satélite e a fotografias aéreas.

Uma calibração no modelo pode ser obtida com a integração de dados de obtidos por DGPS.

Dados de subsuperfície podem ser integrados no mesmo projeto em SIG, possibilitando também a modelagem do substrato, o que auxiliaria em uma melhor compreensão da evolução estratigráfica da área em questão.



### Referências

- ABREU V.S., MADEIRA-FALCETTA M., THIESEN Z.V. 1983. Estudo preliminar da Geologia, Geomorfologia e Paleontologia da Região de Ponta dos Latinos-Lagoa Mirim-RS. In: VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Paleontologia e Estratigrafia, N° 2 - *Série Geologia*, n° 27. Brasília, 1985. p. 187-193.
- AYUP-ZOUAIN R.N., FERREIRA H.P.L., BARBOZA E.G., TOMAZELLI L.J. 2003. Evidência morfológica de um paleocanal holocênico da Laguna Mirim nas adjacências do Banhado Taim. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 9, *Anais* (CD-ROM).
- BARBOZA E.G., AYUP-ZOUAIN R.N., TOMAZELLI L.J., ROSA M.L.C.C., FERREIRA H.P.L. 2005. Paleocanal Pleistocênico na Barreira III entre o Chuí e o Balneário Hermenegildo – Rio Grande do Sul. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 10, *Anais* (CD-ROM).
- BUCHMANN F.S.C. 1997. *Banhado do Taim e Lagoa Mangueira: Evolução Holocênica da Paleoembocadura da Lagoa Mirim*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 155p.
- BUCHMANN F.S.C., BARBOSA V.P., VILLWOCK J.A. 1997. Sedimentologia e Paleocologia durante o Máximo Transgressivo Holocênico na Lagoa Mirim, RS, Brasil. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 15, *Boletim de Resumos*, p. 23.
- CPRM/UFRGS/CECO. 2000. *Folha Jaguarão SI.22-V-A*, Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Subprograma de Integração Geológica - Metalogenética.
- CPRM/UFRGS/CECO. 2000. *Folha Rio Grande SI.22-V-B*, Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Subprograma de Integração Geológica - Metalogenética.
- CPRM/UFRGS/CECO 2000. *Folha Santa Vitória do Palmar SI.22-V-C*, Escala 1:250.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Subprograma de Integração Geológica - Metalogenética.
- DELANEY P. 1965. *Fisiografia e Geologia da Subsuperfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. Publicação Especial da Escola de Geologia, UFRGS. Porto Alegre, v.6, p. 1-195.
- DILLENBURG S.R., ROY P.S., COWELL P.J., TOMAZELLI L.J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM). *Journal Coastal Research*, 16:71-81.
- GOMES A.M.B., TRICART J.L.F., TRAUTMANN J. 1987. *Estudo ecodinâmico da estação ecológica do Taim e seus arredores*. Editora da Universidade. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987. 84p.
- HORN F° N.O., BACHI F.A., VOLKMER S. 1988. Aspectos geológicos da Estação Ecológica do Taim e arredores, RS. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35, *Anais*, V. 2, p. 537-552.
- KOWSMANN R.O. & COSTA M.P.A. 1979. Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma e da Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo. Escala 1:3.500.000. In: Sedimentação Quaternária da Margem Continental Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes. Rio de Janeiro - PETROBRAS, CENPES, DINTEP. *Série Projeto REMAC*, n.8.
- MARTINS L.R., URIEN C.M. & BUTLER L.W. 1972. Províncias fisiográficas e sedimentos modernos da margem continental atlântica. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 26, *Anais*, p. 105-114.
- ROSA M.L.C.C., BARBOZA E.G., AYUP-ZOUAIN R.N. 2005. Modelagem Tridimensional da região adjacente ao Cone de Rio Grande - RS. In: Salão de Iniciação Científica, 17, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Livro de Resumos* (CD-ROM).
- SOLIANI Jr. E. 1973. *Geologia da Região de Santa Vitória do Palmar, RS e Posição Estratigráfica dos Fósseis Mamíferos Pleistocênicos*. Dissertação de Mestrado.
- TOMAZELLI L.J., VILLWOCK J.A. 2000. O Cenozóico no Rio Grande do Sul: Geologia da Planície Costeira. In: HOLZ M. & DE ROS L.F. (ed) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Edições CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 375-406.
- VILLWOCK J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. *Pesquisas*, v. 16, p. 5-49.
- VILLWOCK J.A., TOMAZELLI L.J., LOSS E.L., DEHNHARDT E.A., HORN F° N.O., BACHI F.A. & DENHARDT B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: RABASSA J. (ed.). *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. A.A. Balkema, Rotterdam: v.4, p. 79-97.