

Estudo da dinâmica da urbanização e seus impactos sobre ambientes costeiros baseado em Sensoriamento Remoto e SIG. Caso do município de Santa Vitória do Palmar, RS.

Kledson Róber Grabski^{1,2}
kledson.grabski@ufrgs.br

Flávia Farina¹
flavia.farina@ufrgs.br

Ricardo Ayup-Zouain¹
ricardo.ayup@ufrgs.br

Tatiana Silva da Silva¹
tatiana.silva@ufrgs.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Laboratório de Modelagem de Bacias, Instituto de Geociências
Caixa Postal 15.001 – CEP 91591-970 – Porto Alegre – RS, Brasil

^{1,2}Bolsista de Iniciação Científica FAPERGS

Abstract. The present study aims to present an analysis GIS-based of the urbanization and the environmental impacts associated, in Barra do Chui and Hermenegildo, located in the south coastal plain of Rio Grande do Sul, southern Brazil. In this context, was evaluated the growth of the number of buildings, the trend of urbanization and environmental impacts. The period analysed is between the years 1964-2010. The methodological procedures include remote sensing resources, positioning systems, visual images interpretation and spatial analysis in GIS. Preliminary, in Barra do Chui, the results indicate that the number of buildings increased about 283% between 1964-1996 years, and 1996-2010, 154%, with tendency occupation towards to inland. On the other hand, in Hermenegildo, the urbanization occurred along the coastline, the number of building increased 664% in the same period. The integrated analysis of the information produced can be inferred that in both balnearies the major impacts are linked with land use on frontal dunes, salt marshes and wetlands. In particular, the beach Hermenegildo, in recent years, worsened the conflict between urban settlement and the retreat of the shoreline. This is result of erosion from hydrodynamic and climatic processes, causing the collapse of houses located closer to sea.

Palavras-chave: GIS, urbanization, environmental impacts, costal zones, SIG, urbanização, impactos ambientais, zonas costeiras.

1. Introdução

Atualmente, as zonas costeiras são as regiões onde se concentra a maior parte da população mundial, caracterizadas também pela elevada suscetibilidade aos impactos ambientais resultantes desta ocupação. A substituição da cobertura original do solo por outros usos, a descaracterização dos ecossistemas e a interferência na dinâmica costeira estão entre os principais prejuízos associados aos ambientes costeiros. Ademais, existem processos naturais, por vezes desconhecidos pelos seus habitantes, tais como a erosão oceânica, que resultam em diversos danos à própria população inadequadamente instalada. Conciliar os usos do solo estabelecidos pelo homem e a aptidão da zona costeira é um desafio para a preservação ambiental dessas regiões. Segundo o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (1997), as áreas costeiras apresentam especial importância ecológica e considerações legislativas em razão de se constituírem em áreas de interação entre os ecossistemas terrestres e oceânicos, da diversidade natural, de proverem subsídios para as sociedades locais e também em virtude das fragilidades consideráveis. Nesse sentido, os diferentes ecossistemas como dunas, restingas e banhados devem ser adequadamente conservados, pois são constituintes influentes na dinâmica natural das zonas costeiras (Prates, 2012).

Por outro lado, os produtos de Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são amplamente utilizados para diagnóstico e monitoramento dos fenômenos naturais e dos padrões de cobertura e uso do solo nas zonas costeiras. Através de análises temporais de imagens é possível identificar, mensurar e acompanhar as diferentes categorias de uso do solo e seu avanço sobre ambientes naturais. Os SIG, entre as diversas funcionalidades disponíveis, têm a capacidade de gerenciamento, integração, tratamento, armazenamento, manipulação e transformação das informações espaciais obtidas pelas imagens e permitem a geração de diversos produtos para subsidiar a identificação e controle de impactos ambientais.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho é identificar e representar cartograficamente o crescimento do número de edificações, a tendência de ocupação urbana e a variabilidade da cobertura e uso do solo nos balneários Hermenegildo e do Chuí, com o propósito de avaliar os impactos na região e contribuir para as políticas de gestão ambiental para conservação.

2. Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Santa Vitoria do Palmar e abrange os balneários Barra do Chuí e Hermenegildo (Figura 1). Trata-se de uma área de formação recente do ponto de vista geológico e de transição, quanto às formas geomorfológicas. Essa breve temporalidade geológica-geomorfológica define ambientes naturais frágeis, com ecossistemas e habitats em tênues limites entre a estabilidade e a instabilidade (Farina, 2002). A implantação dos balneários na década de 1960 iniciou com o estabelecimento de algumas residências ocupadas durante o período de veraneio. Com o passar do tempo houve a implantação de infraestrutura básica e expansão do comércio local, atraindo moradores permanentes. Atualmente, observa-se forte degradação da paisagem natural, resultantes do avanço da ocupação sobre ambientes frágeis, como dunas, áreas úmidas e da disposição inadequada de resíduos.

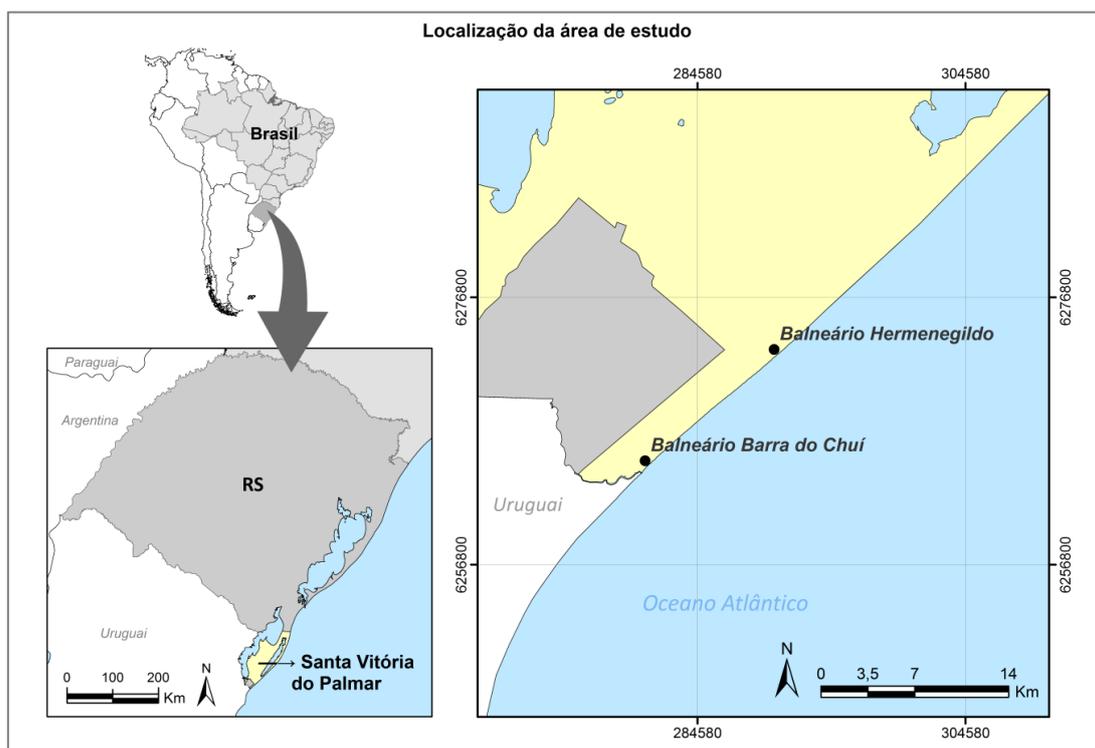


Figura 1: Localização da área de estudo.

3. Metodologia

Os procedimentos metodológicos incluem recursos de Sensoriamento Remoto, de sistemas de posicionamento, interpretação de imagens e técnicas de análise espacial em SIG adequadas aos objetivos propostos. A aplicação da metodologia constitui-se em quatro etapas principais: mapeamento da cobertura e do uso do solo, vetorização das edificações, trabalhos de campo e análise da urbanização e dos conflitos de uso do solo resultantes. O período de análise compreende 46 anos, tendo sido empregadas fotografias pancromáticas para os anos de 1964 e 1996 e imagens do satélite QuickBird para o ano de 2010, sobre as quais foram aplicados procedimentos de ajustes geométricos, georreferenciamento e realce de contraste.

Os mapas de cobertura e uso do solo foram elaborados a partir de mosaicos de fotografias aéreas, com escala de 1:50.000, para os anos de 1964 e 1996, respectivamente e, para o ano de 2010, um mosaico de imagens do satélite Quick Bird, com resolução espacial de 2,6 metros. A definição das classes de cobertura e uso do solo tiveram embasamento no sistema de classificação proposto por Anderson et al (1979), resultando em 10 classes: vegetação arbustiva, áreas urbanas, áreas úmidas, campo, cultivo agrícola, duna, duna vegetada, silvicultura, hidrografia e faixa praia. A interpretação visual foi desenvolvida por meio do reconhecimento e delimitação das feições sobre as imagens. No software ArcGis 10.2 estruturou-se um banco de dados no formato *geodatabase*, para proceder a digitalização das classes, a construção da tabela de atributos e para organização dos *layers* de acordo com o formato do dado vetorial. O resultado desses procedimentos são três cartas temáticas de Cobertura e Uso do Solo de cada balneário em estudo. Para analisar quantitativamente e temporalmente a cobertura e uso do solo, foram calculadas as classes através dos polígonos obtidos na vetorização. A esse propósito, foram inferidas delimitações próximas às áreas urbanas, ou seja, para observar o comportamento e mudança das atividades e do crescimento urbano nas áreas adjacentes dos balneários no período estudado. Para tal, estabeleceu-se um polígono de mesma área e posição sobre as fotografias aéreas e imagens das diferentes datas objetivando a possibilidade comparativa da análise espacial quantitativa de cada classe.

As edificações também foram identificadas por meio de técnicas de interpretação visual, onde cada construção foi registrada por meio de uma feição pontual e numerada na tabela de atributos correspondente. A partir deste dado, foram elaborados mapas de densidade utilizando-se o método de Densidade de Pontos. Esta função calcula a densidade de feições pontuais em torno de cada célula de saída *raster* (ESRI, 2012). Em outras palavras, o posicionamento de uma feição pontual representativa é constituído por células de vizinhança onde seus tamanhos estabelecidos e padronizados representam a resolução final dos pixels adjacentes. Estes são representados em maior ou menor densidade dependendo da proximidade dos pontos e do raio estabelecido, que interfere no resultado final através de sobreposições. Utilizou-se como padrão o raio de 50 metros, pois essa medida definiu a melhor generalização dos dados na escala de análise.

Cabe destacar que para a obtenção dos dados, ocorreram limitações quanto à precisão de posicionamento espacial entre as fotografias aéreas e as imagens Quick Bird em decorrência da dificuldade no registro preciso para as diferentes datas. Entretanto, tais diferenças não interferiram significativamente no processo de comparação da localização das edificações identificadas no período.

4. Resultados e Discussão

Os resultados preliminares apresentam mapas de cobertura e uso do solo, cartas-imagens e mapas das edificações, para as três datas propostas dos balneários em estudo.

Através da quantificação e análise percentual e comparativa das classes de cobertura e uso, foi constatado que as áreas urbanas tiveram um maior crescimento em ambos os balneários entre os anos de 1964 e 1996. Na Barra do Chuí, em 1964, a área urbana

compreendia 2,24% da área em estudo, tendo um aumento para 5,58% em 1996. Deste ano até 2010, o acréscimo foi pouco significativo, atingindo 6,22% do total. No Hermenegildo a área urbana abrangia 0,65% em 1964, 5,21% em 1996 e 5,98% em 2010. Apresentando, portanto, também maior crescimento entre os dois primeiros anos.

Destarte, comparando os dados de área com os de densidade de ocupação, constata-se que entre os anos de 1964 e 1996 predominou a expansão urbana. Enquanto que entre 1996 e 2010 preponderou o adensamento urbano. Todavia, no Balneário Barra do Chuí o número de edificações cresceu também de maneira mais distribuída (à noroeste), externa à infraestrutura que constitui a área urbana principal.

A classe dunas também merece destaque em razão das alterações identificadas, com redução significativa ao longo do período estudado. Na Barra do Chuí as dunas atingiam 17,93% em 1964, 10,18% em 1996 e 1,39% em 2010. No Balneário Hermenegildo a redução foi ainda maior, pois de 43,74% em 1964 passou para 18,50% em 1996 e 7,70% em 2010. Analisando os mapas de cobertura e uso do solo para as três datas, observa-se que as dunas localizadas nas zonas mais próximas à faixa de praia foram ocupadas pelo uso urbano. Nas áreas mais interiores do continente, o desenvolvimento natural da vegetação arbustiva sobre as dunas é responsável em parte, pela alteração de uso registrada nos mapas. No balneário Hermenegildo, nos dois primeiros anos analisados, as dunas estavam presentes entre a área urbana e a praia. Já em 2010, os quarteirões da área urbana delimitavam-se diretamente com a beira-mar. Neste sentido, observou-se que, além da dinâmica natural de erosão oceânica, a ocupação urbana também contribuiu para o estreitamento e extinção da linha de dunas, pois o número de construções aumentou significativamente próxima à linha de costa em direção à faixa de praia.

No balneário Barra do Chuí no ano de 1964 as dunas e a praia estavam consideravelmente mais afastadas da área urbana. Neste mesmo ano, o arroio Chuí não possuía em sua foz os molhes de contenção, portanto, a dinâmica dos sedimentos depositados dava-se naturalmente ao longo do tempo e, da mesma forma o deslocamento da foz do arroio seguia os processos naturais. Nos anos seguintes (1996 e 2010), a presença dos molhes certamente contribuiu para que a dinâmica da distribuição dos sedimentos sofresse alterações, resultando também em mudanças na dinâmica natural de deposição dos sedimentos. Vale destacar que os molhes fixaram a foz do arroio e conseqüentemente a divisa internacional mais ao sul do que as posições de 1964. Essas alterações ocasionaram variações no cálculo das áreas das classes adjacentes ao limite Brasil/Uruguai.

Portanto, apesar das limitações na interpretação da classe dunas e faixa de praia nas fotografias aéreas em razão da uniformidade da cor/tonalidade e textura, fica evidente a proximidade da área urbana em relação ao oceano em ambos os balneários. Essa tendência é apresentada desde o primeiro mapa analisado, contudo esse padrão tem se intensificado nos últimos anos. A área urbana se expande continuamente em áreas ambientais frágeis, onde a erosão e dinâmicas dunares estão presentes. Esses fatores representam uma situação de conflito entre o que atualmente estabelece a legislação ambiental e a dinâmica da ocupação da região.

Cabe observar que a classe vegetação arbustiva teve crescimento notável sobre as dunas em ambos os balneários. Na Barra do Chuí uma área que abrangia 0,56% em 1964, aumentou para 25,17% em 2010. Para os mesmos anos, no Hermenegildo, passou de 1,42% para 26,34%. É importante lembrar que além das arbustivas, a área urbana também vem crescendo sobre as dunas. Em vista dessas características, é deduzido que a presença da vegetação e a conseqüente estabilidade das dunas contribuem significativamente na estabilidade do solo arenoso frente às dinâmicas de erosão eólica. Porém, essa maior estabilidade das dunas favoreceu também o surgimento de novas edificações sobre estes ambientes.

Quanto à análise da expansão das edificações, os resultados apontam que o número de

construções no Balneário Chuí cresceu cerca de 300% entre os anos de 1964 e 1996 e, deste ano até 2010, 154%. Em termos absolutos, em 1964 foram identificadas 229 construções e, em 2010, 2.229, o que representa um crescimento de 873% no período de 46 anos. Já no Balneário do Hermenegildo, em 1964 foram identificadas 375 construções e, em 2010, 2.864, ou seja, um crescimento próximo a 664% no período analisado. A Tabela 2 apresenta os valores absolutos das construções identificadas nas imagens e fotografias aéreas estudadas.

Tabela 1: Número de construções identificadas nos balneários em estudo.

Ano	Construções (valores absolutos)	
	Barra do Chuí	Hermenegildo
1964	229	375
1996	877	1.280
2010	2.229	2.864

Os mapas de densidade das edificações as Figuras 2 e 3 mostram um padrão de direção distinto nos balneários. No Hermenegildo, ao longo do tempo verificou-se que a densidade das construções predominou em paralelo à linha de costa, sendo que as áreas mais próximas da faixa de praia tiveram maior extensão e densidade. Já na Barra do Chuí, no primeiro ano analisado (1964), a área urbana estava dividida em dois núcleos de concentração, acompanhando a linha de costa. Nos anos mais recentes, constatou-se que o padrão de ocupação teve uma predominância em direção ao interior do continente, em direção à RS 669, que liga o balneário ao município de Chuí, no sentido sudeste e noroeste. Além disso, identificou-se que ao longo do tempo as construções passaram a se localizar nas bordas dos quarteirões, acompanhando as principais ruas e avenidas.

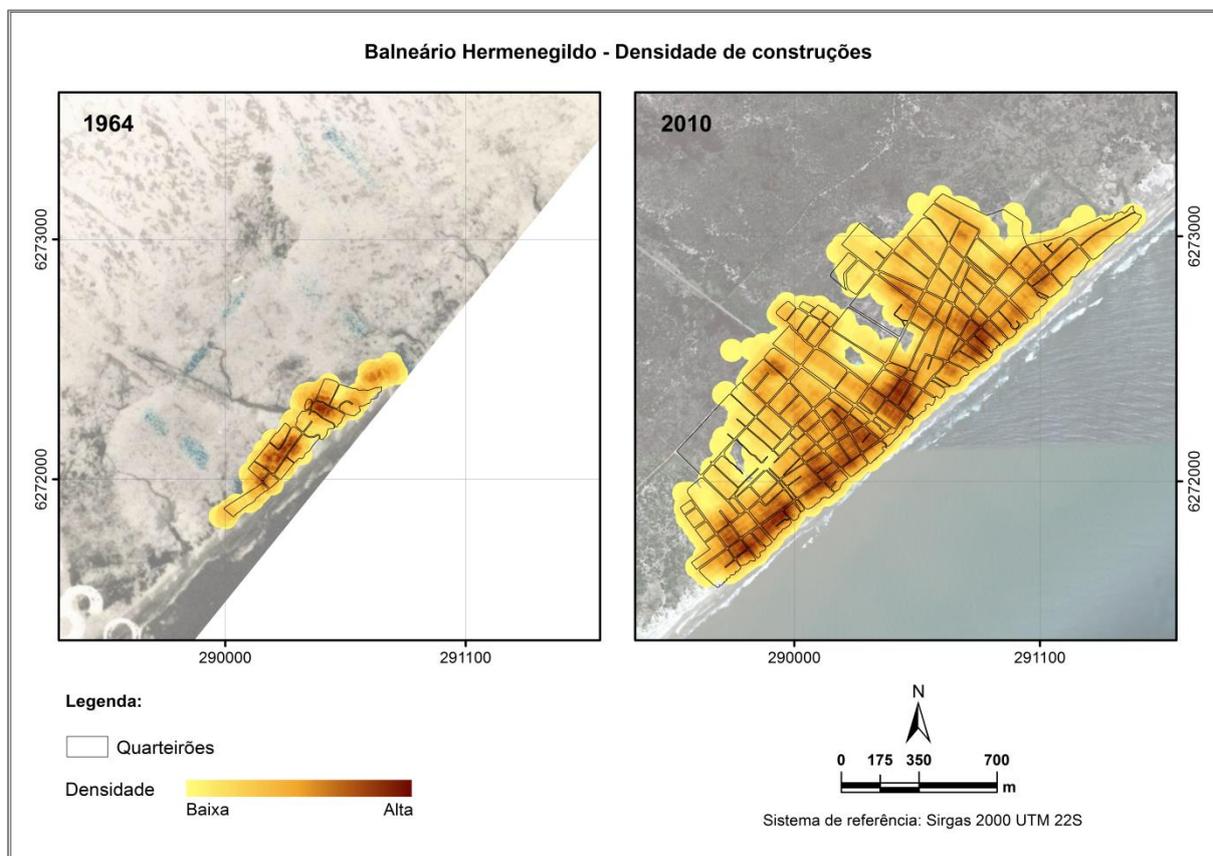


Figura 2. Mapas de densidade da ocupação do Balneário Hermenegildo 1964 -2010.

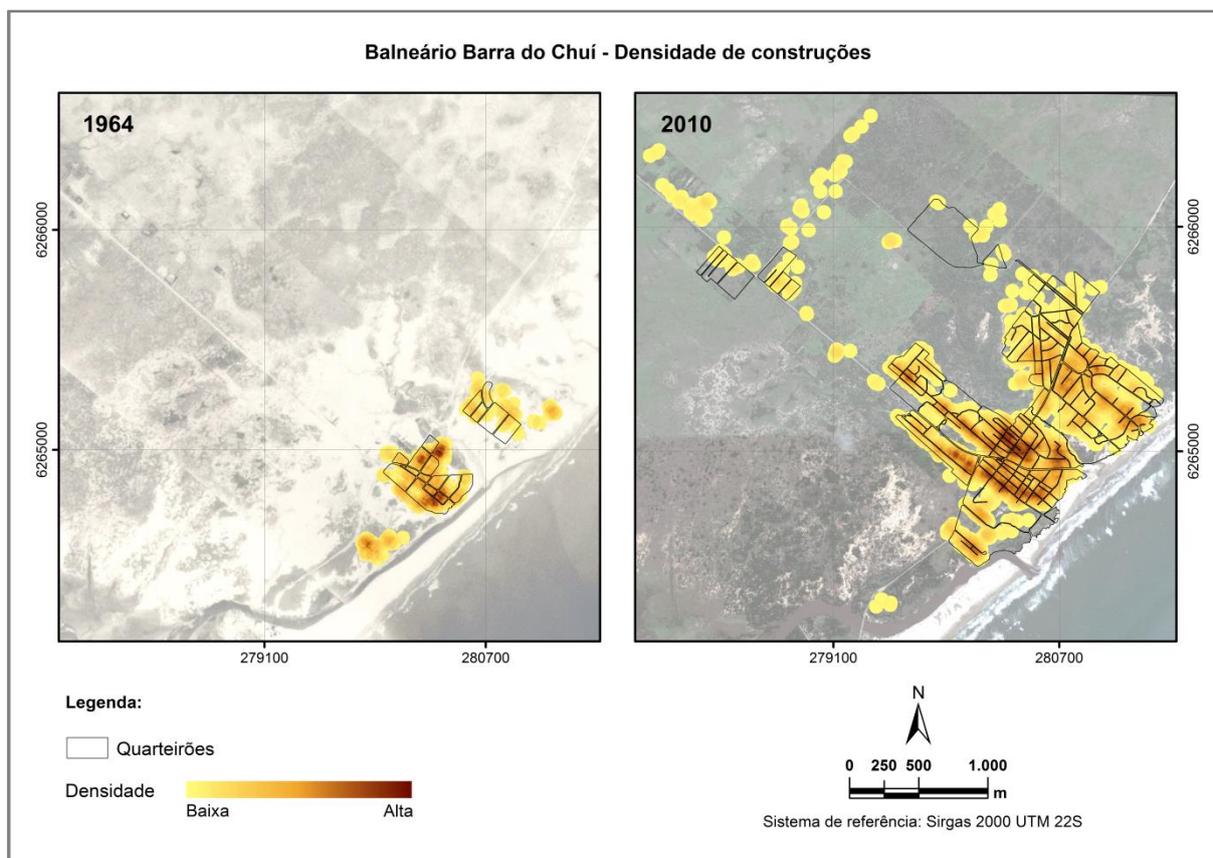


Figura 3. Mapas de densidade de ocupação do Balneário Hermenegildo 1964 -2010.

A análise integrada das informações produzidas permite inferir que em ambos os balneários os maiores impactos estão associados ao uso do solo sobre o cordão de dunas frontais, restingas e áreas úmidas. Na praia do Hermenegildo, nos últimos anos, agravou-se o conflito entre a ocupação urbana e o recuo da linha da costa resultante da erosão a partir de processos hidrodinâmicos e climáticos, provocando o desabamento de residências localizadas muito próximas à faixa da praia. Na Barra do Chuí, além do impacto da urbanização localizada sobre banhados e dunas, há problemas ocasionados pela disposição inadequada de esgoto e lixo sobre estes ambientes.

5. Conclusões

Apesar da ocupação inicial nas restingas ter sido lenta e dispersa, a partir da década de 1960, com o estabelecimento e a expansão dos balneários Barra do Chuí e Hermenegildo, os processos antrópicos têm afetado significativamente as dunas, as restingas, os banhados e os campos litorâneos que compõem o ecossistema regional. Ainda que nestes balneários o adensamento urbano seja incipiente com relação a outras localidades litorâneas do Estado, na escala temporal, as atividades relacionadas a urbanização tem produzido fortes impactos nos ambientes naturais locais, particularmente sobre as dunas e as áreas úmidas.

Ainda que preliminares, os resultados da avaliação dos padrões de cobertura e uso do solo e dos impactos associados representam uma ferramenta auxiliar para a manutenção da qualidade dos ecossistemas dos balneários analisados, bem como para identificar e controlar os efeitos do processo de ocupação inadequada sobre a própria população.

As limitações do estudo estão relacionadas à integração de produtos diversos de sensoriamento remoto, fazendo-se necessário um cuidadoso processo de interpretação visual,

evitando-se incorrer em erros na delimitação das classes a serem mapeadas. Nas fotografias aéreas de 1964, especificadamente a nordeste do Balneário Hermenegildo, existiam limitações de abrangência na área escolhida. Para isso foi utilizado a imagem de satélite de 2010 para adicionar as informações espaciais ausentes. Estas, apesar de importantes para completar o mapa de 1964, abrangeram uma pequena área que envolveu apenas parte das proximidades de delimitação praia/oceano.

As análises temporais a serem empreendidas com a aplicação de ferramentas de SIG permitirão aprofundar a identificação e a localização dos processos urbanos, bem como estimar os impactos sobre os ambientes, contribuindo com subsídios técnicos ao gerenciamento costeiro, às políticas públicas de ordenamento territorial do município e, especificamente, ao manejo do problema da erosão costeira. Assim, o uso de produtos de sensoriamento remoto e SIG se constituem num meio eficaz para o diagnóstico das reais condições do uso do solo e para o controle das alterações ambientais decorrentes.

Referências

ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 78 p.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. **ArcGis Resources: How Point Density works**. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z00000013000000>>. Acesso em: 5 jun. 2014.

FARINA, F. **Utilização de técnicas de geoprocessamento para seleção de áreas adequadas à expansão urbana: caso do município do Rio Grande – RS**. 2002. 124 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGCII)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/pngc2.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2014.

PRATES, A. P. L.; GONÇALVES, M. A.; ROSA, M. R. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA, 2012. 152 p.