

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL  
SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE  
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Contrato de Prestação de Serviços de Consultoria  
celebrado entre a FEPAM e o Oceanólogo Rafael Cabral Cruz

# **ZONEAMENTO AMBIENTAL DOS CAMPOS DE DUNAS DE PINHAL E CIDREIRA**

## **RELATÓRIO FINAL**

Porto Alegre, 10 de junho de 2003.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Apresentação.....  | 3  |
| Equipe técnica.....  | 5  |
| Introdução.....  | 6  |
| Capítulo 1. Revisão de materiais fornecidos pela contratante e análises de fontes adicionais | 7  |
| Capítulo 2. Vegetação e Flora.....   | 12 |
| Capítulo 3. Fauna.....   | 20 |
| Capítulo 4. Análises Espaciais e Mapeamento .....  | 24 |
| Capítulo 5. Modelagem e propostas de zoneamento .....  | 45 |
| Referências Bibliográficas.....  | 74 |
| Anexo .....  | 77 |

## APRESENTAÇÃO

Este Relatório apresenta os produtos do contrato estabelecido entre o Consultor e a Contratante, contemplando a análise crítica dos materiais fornecidos pela Contratante, a análise de informações disponíveis na literatura científica, assim como a metodologia empregada na execução dos serviços de zoneamento ambiental dos campos de dunas de Pinhal e Cidreira, conforme termos do Contrato de Prestação de Serviços de Consultoria, como parte das ações do Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA).

O escopo dos serviços de consultoria envolve o estabelecimento de um sistema de apoio à tomada de decisões que permita o zoneamento dos campos de dunas conforme o grau de fragilidade ambiental, a fim de que se possa avaliar a possibilidade de estabelecer um regramento para o uso dessas dunas, atualmente submetidas a uma crescente pressão por parte de diversos tipos de usos (passeios a pé, prancha para areia, veículos fora-de-estrada, mineração de areia, fixação de dunas para fins de reflorestamento, expansão de áreas urbanas, deposição de resíduos sólidos, etc.).

Não se pretende neste trabalho revisar extensivamente a literatura referente ao ecossistema em análise, mas sim criticamente identificar variáveis que permitam a constituição de um sistema de apoio à tomada de decisões, apoiado em geoprocessamento, que seja orientado ao uso. Ou seja, que permita o estabelecimento, pelo órgão ambiental, de uma rotina ágil de identificação de áreas frágeis para cada uso a ser analisado, tomando-se por base um banco de dados georreferenciado sobre variáveis indicadoras dos processos significativos a serem considerados na toma de decisão.

Assim, na análise das informações disponíveis, a ênfase se dará no sentido de caracterizar os processos relacionados à indicação de fragilidades dos meios bióticos e físicos e identificar as variáveis que podem representar o estado do ecossistema dentro de uma análise multi-critério.

A seguir apresenta-se a estrutura do relatório.

O primeiro capítulo conterá uma análise da base cartográfica fornecida pela contratante e do relatório de Tomazelli (2001), referente à dinâmica das dunas.

O segundo capítulo apresenta a revisão sobre os aspectos da flora relevantes para o zoneamento dos campos de dunas.

O terceiro capítulo apresenta a mesma revisão para os aspectos da fauna.

O capítulo quarto apresenta a discussão acerca da abordagem metodológica a ser implementada e sua descrição.

Em seguida é apresentada uma discussão sobre a síntese metodológica.

Finalmente, o relatório é encerrado com as referências bibliográficas.

## **EQUIPE TÉCNICA**

Este relatório foi efetuado pela seguinte equipe técnica:

Consultor responsável: Oceanólogo Rafael Cabral Cruz

Profissionais colaboradores:

Biólogo Rodrigo Agra Balbueno  
Bióloga Vera Lúcia Caetano Gonçalves  
Bióloga Sônia Conceição Assis de Oliveira

## INTRODUÇÃO

A região em que se desenvolve o presente estudo apresenta diversas características que a tornam especialmente importantes do ponto de vista da evolução da ocupação humana e dos eventuais conflitos por ela gerados.

A urbanização do litoral gaúcho, principalmente na sua porção norte, é um fenômeno que vem se intensificando a cada ano, sendo atualmente possível observarem-se longos trechos conurbados, nos quais as intervenções verificadas ao longo desse processo limitaram sobremaneira a disponibilidade de áreas que guardam características próximas às originalmente ali encontradas, com óbvias implicações no que se refere à conservação da biodiversidade em uma escala regional.

A área ora analisada inclui-se no limite sul da expansão mais intensiva, e a partir dela, na direção sul, ocorrem áreas de ocupação mais rarefeita que caracterizam o litoral médio do Estado, embora mesmo nessa região se possa esperar o incremento das pressões em curto e médio prazos, haja vista a pavimentação da BR-101 Sul, até bem pouco tempo atrás conhecida como “Estrada do Inferno” e que hoje interliga virtualmente toda a península de Mostardas, com a exceção do seu extremo meridional.

## **Capítulo 1. Revisão de materiais fornecidos pela contratante e análises de fontes adicionais**

A contratante permitiu o acesso ao relatório “Sistematização dos conhecimentos existentes sobre as dunas móveis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul” (Tomazelli, 2001) e a um conjunto de fotografias aéreas verticalizadas disponibilizadas em meio digital e impressas em mosaicos, resultantes de atividades de monitoramento relacionadas ao licenciamento de atividades da UNIVIAS.

Neste estudo encontra-se uma revisão de trabalhos referentes à caracterização dos campos de dunas móveis, incluindo o regime dos ventos, o potencial de transporte de areia pelo vento, a taxa de migração das dunas móveis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul.

Tomazelli (op.cit.) atribui o desaparecimento de extensas áreas de campos de dunas móveis ao processo de urbanização: a ocupação direta ou pelo cancelamento da alimentação de areia proveniente da praia. Associada a esses processos de urbanização encontra-se, também a ocupação direta de áreas de dunas móveis em projetos de reflorestamento com pinus, em expansão, principalmente ao sul da área de estudo.

Assim, a fragilidade ambiental dos campos de dunas, do ponto de vista sistêmico, depende da sustentabilidade da alimentação praial. Quanto menor a alimentação, através do transporte eólico, do campo de dunas pela areia retirada da zona supra-marés, menor a sua sustentabilidade. Os campos de dunas que perdem a sua alimentação a barlavento, provocam uma onda de extinção de dunas móveis a partir da faixa de corte da alimentação em sentido de sotavento, de forma gradual.

As formas dos depósitos eólicos dependem de muitos fatores. Dependem da granulometria, da força e direção dos ventos e de variáveis como a profundidade do lençol freático.

As duas primeiras variáveis são clássicas e citadas em textos de geomorfologia (Muehe, 1994).

A profundidade do lençol freático foi verificada empiricamente em expedição efetuada fevereiro de 2003 junto ao campo de dunas móveis situadas em Bacupari. Nessa ocasião,

verificaram-se os efeitos erosivos do vento em locais cavados por moradores locais. Foi observado que a ação do vento causava uma reação de transporte e erosão que aumentava os buracos. Os buracos estacionavam sua expansão no momento em que alcançavam o lençol freático. Observou-se que a areia molhada não é mobilizada para transporte pelos ventos normais na região. Em caminhada no campo de dunas, observou-se que posteriormente a um evento pluviométrico forte, era possível efetuar o passeio sem ser atingido no rosto pela areia suspensa pelo vento. Em dias em que a areia das dunas está seca, em condições normais de vento, a areia por este suspendida atinge o rosto, causando desconforto nas caminhadas. Também se observou que a ação erosiva dos ventos nos vales entre as dunas era limitada pela presença do lençol freático. As pequenas lagoas intermitentes que se formam no entre-dunas são resultado da potencialização dos processos erosivos eólicos em eventos de abaixamento da superfície piezométrica. Assim, a superfície arenosa pode ser erodida pelo vento até uma cota mais baixa. Com a elevação do lençol freático, a água atinge cotas antes ocupadas pela areia. Essas pequenas lagoas passam a receber, então, areias transportadas pelo vento, tendendo, com a deposição, a restaurar a cota de equilíbrio. Existe uma interdependência entre o regime do freático e do transporte de areia pelo vento no entre-dunas.

Essa dinâmica tem consequências importantes. Verifica-se que rebaixamentos excessivos do lençol freático, provocados pelas extensas áreas orizícolas ou silviculturais, associadas ao consumo das populações humanas sazonalmente elevadas durante o verão, podem afetar a dinâmica e velocidade do transporte de areias no período dos ventos predominantes de NE, quando se dá a maior parte da capacidade de transporte dos ventos (Tomazelli, op.cit.).

No entanto, essas observações empíricas dependem de avaliação por parte de projetos de pesquisa específicos para que se possam avaliar os efeitos sobre a velocidade de migração das dunas.

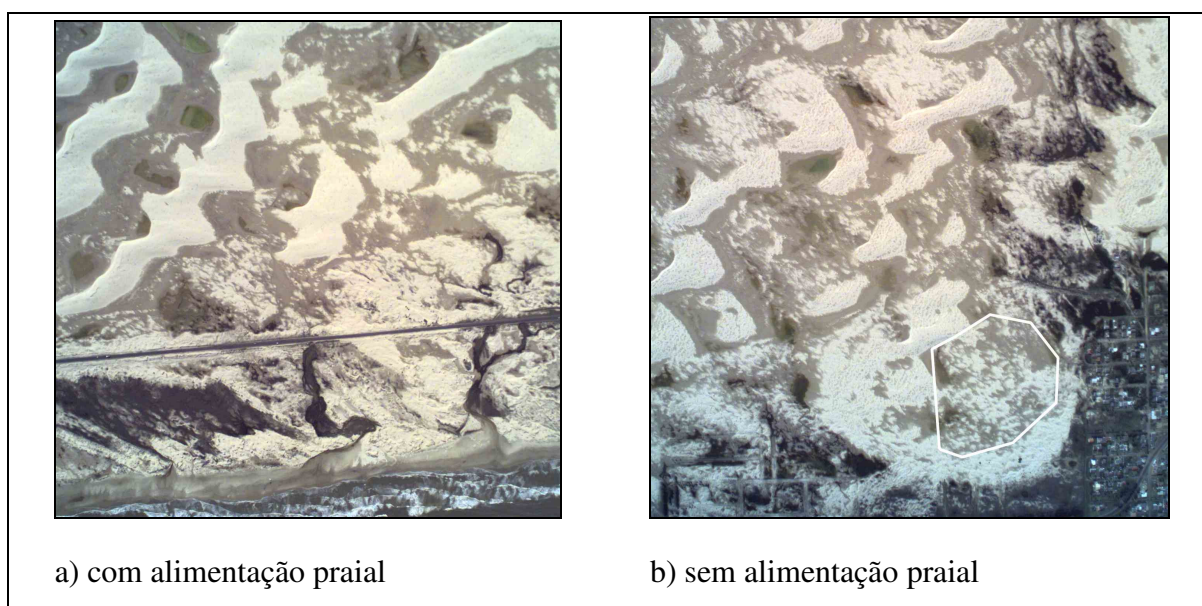
Outra consequência refere-se ao processo de sucessão que se procede com a interrupção da alimentação praial ao campo de dunas móveis.

Observa-se nas fotografias aéreas, que as feições de dunas barcanas isoladas, de areias úmidas entremeadas com manchas de areias secas, que representam o plano residual das dunas anteriores, aumentam em proporção junto às áreas urbanizadas que funcionam como



barreiras à alimentação praial. Da mesma forma, as cadeias de dunas barcanóides praticamente desaparecem. Na sua seqüência, a sotavento, encontram-se as primeiras linhas de dunas móveis, que, por redução ou perda completa de alimentação, começam a perder altura, funcionando como fonte de areia para as dunas situadas imediatamente a sotavento. Com o tempo, espera-se que a feição dunas móveis seja reduzida gradativamente para sotavento (SW) (Figura 1.1), resultando em um plano residual que gradualmente vai sendo colonizado pela vegetação. Também a seqüência de ambientes vai perdendo sua regularidade. Com a alteração do regime de alimentação de areia, altera-se o comprimento de onda das dunas e o tamanho e relações de conectividade entre os diversos microhábitats que compõem o campo de dunas (duna, manchas de areias baixas com presença de vegetação, areia úmida e lagos intermitentes), em especial próximo às lagoas costeiras, quando alguns desses lagos conectam-se pelo fundo dos vales entre dunas.

Figura 1.1 - Efeito da perda de alimentação praial na mudança paisagística dos campos de dunas. Observe-se o aumento da presença de areias úmidas e a redução das dunas móveis (cadeias x dunas isoladas e presença do mosaico plano residual areia seca e úmida identificada na foto “b”).



Fotos: UNIVIAS.

Considerando-se o conhecimento da direção de deslocamento resultante dos ventos dominantes NE e sua velocidade para a região (estimada em 10 a 38 m/ano; Tomazelli, op.cit.), pode-se avaliar a velocidade de extinção dos campos de dunas onde foi cortada a alimentação praial, bem como se avaliar a velocidade da perda de hábitats.

As fotografias apresentadas no formato original entregues pela UNIVIAS não puderam ser utilizadas diretamente para fins de geoprocessamento, pois foram encontradas inconsistências no cruzamento da base disponibilizada com a base das cartas 1:50.000 da DSG. A sua utilização foi viabilizada após fornecimento de um mosaico georreferenciado pelo GEOFEPAM das mesmas fotos.

Considerando-se a abordagem de construção de um banco de dados georreferenciado que permita uma avaliação multi-critério para caracterização de fragilidades orientadas ao uso, a revisão do material fornecido permite elencar os seguintes aspectos a serem levados em conta no processo de modelagem:

- Deve-se localizar, com base nas direções resultantes do vento efetivo no transporte de areia e com base na caracterização das áreas de alimentação praial (identificadas a partir de relações de conectividade entre os campos de dunas e as praias) dois tipos de campos de dunas – alimentados e não alimentados.
- Os campos de dunas alimentados possuem alta sustentabilidade e devem ser considerados como áreas de proteção permanente de uso indireto.
- Os campos de dunas não alimentados serão classificados segundo a direção do vento predominante, de barlavento para sotavento, de acordo com a sua longevidade. Os mais próximos da área fonte serão os primeiros a serem extintos, e os situados mais a sotavento serão os mais longevos. A longevidade, nesse caso, é um critério de valor conservativo.

Deve-se, também, levar em conta, no caso de campos de dunas não alimentados, as possibilidades de manejo ativo a fim de restabelecer alimentação em determinadas situações onde possa ser interessante e viável esta possibilidade.

Nesse caso, ações de manejo podem se dar tanto em termos de proteção da infra-estrutura (fixação de dunas que invadem áreas urbanas e estradas) como em termos de ações de captação e transporte de areia, da linha de dunas frontais para os campos de dunas.

Medidas de restauração de linhas de dunas frontais através de medidas de manejo são relatadas em NEMA (1998). Na praia do Cassino foram efetuadas ações de manejo que

resultaram em uma restauração da linha de dunas frontais, aumentando a fixação de areia e atuando na restauração da vegetação nas mesmas.

Em situações especiais, poder-se-ia, de forma pontual, permitir usos de dunas situadas na zona de menor longevidade (geralmente situadas na periferia da zona urbana) mediante ações de manejo que poderiam ser efetuadas restaurando sistemas de dunas frontais, aumentando a sua capacidade de coletar areia e transportando essa areia para a zona de alimentação das dunas que seriam destinadas a esses usos. Poder-se-ia, também, trabalhar com as prefeituras para que fosse aproveitada dessa maneira a areia removida das vias públicas.

## Capítulo 2. Vegetação e Flora

A área de estudo insere-se nas Áreas das Formações Pioneiras, segundo a denominação proposta pelo projeto Radam-Brasil (IBGE, 1986).

A vegetação potencial dessa área é um mosaico de formações dependentes diretamente de condições edáficas, de umidade, posição geográfica relativa e consolidação do terreno relacionada à fase sucessional que cada área em particular pode apresentar.

No litoral norte do Rio Grande do Sul encontram-se áreas de influência marinha, na qual o termo genérico restinga tem historicamente servido para designar diversos tipos vegetacionais ali existentes, sempre ocorrentes em terrenos relativamente jovens, do Quaternário. Dessa forma, ocorrem desde dunas jovens com vegetação apenas herbácea e com grande percentual de solo descoberto, até pequenas matas já bem consolidadas, onde pode ser marcante a influência de elementos atlânticos. Nas baixadas entre dunas também pode ocorrer uma ampla gama de fisionomias de campos úmidos e banhados, geralmente dominados por poucas espécies gregárias, tais como *Cyperus* spp., *Scirpus* spp., entre outras.

Nas áreas com predominância de areais secos há uma grande seleção de espécies devido às condições físicas de drenagem do solo e salinidade, predominando formas psamófitas e halófitas.

A área de estudo, no entanto, apresenta algumas peculiaridades que a diferenciam do litoral norte propriamente dito. Ao contrário desse, onde dominavam áreas de vegetação herbácea, entremeadas a banhados nas margens das lagoas e cordões de matas de restinga, e onde os contrafortes da Serra Geral as limitavam a uma faixa de menos de vinte quilômetros, a porção sul do litoral norte notabiliza-se pelos extensos campos de dunas, que em alguns pontos se internam mais de cinco quilômetros a partir da linha da costa.

Neste trabalho será feita uma caracterização dos principais ambientes encontrados na área de estudo, de tal maneira a ser possível uma avaliação da sua fragilidade biótica frente às modificações ambientais impostas pelo adensamento urbano, principalmente no que se refere às alterações na dinâmica que regula a distribuição, a extensão e a fisionomia dos

campos de duna, que em última instância são responsáveis pelo padrão de distribuição dos elementos da flora na região.

Será dada uma especial atenção às espécies raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção, tomando-se como base a lista oficial da Secretaria do Meio Ambiente (Rio Grande Do Sul, 2003).

A metodologia para avaliação do valor conservativo dos diversos tipos de habitats mapeáveis (na escala da imagem de satélite) será efetuada conforme descrito por Guadagnin (1994), na avaliação do valor conservativo para fins de zoneamento do Parque Estadual do Turvo e adaptado por MAPA/UFSM (2002), na avaliação de fragilidades ambientais para projetos hidro-agrícolas.

O primeiro passo desta metodologia envolve a identificação das formações vegetais existentes na área de estudo e sua composição florística de acordo com os estudos existentes.

O segundo passo envolve a identificação das espécies de interesse especial, com ênfase para as espécies raras, endêmicas e ameaçadas de extinção.

O terceiro passo envolve a caracterização dos habitats potenciais das espécies de interesse especial, com base em avaliação expedita a campo e revisão bibliográfica, e avaliação da viabilidade de mapeamento dos habitats potenciais.

O quarto passo envolve o mapeamento dos habitats potenciais de cada espécie de interesse especial.

No quinto passo, atribuem-se notas aos habitats das espécies de interesse especial, considerando-se o produto da nota da espécie conforme o seu status de conservação e da qualidade do habitat para a espécie.

### ***Caracterização da Flora***

Na aparente homogeneidade do litoral há um mosaico de microambientes que abriga comunidades vegetais diferentes e confere uma relativa diversidade de espécies. As dunas destacam-se na fisionomia apresentando-se ora livres de cobertura vegetal, ora quase imperceptíveis sob um campo verdejante.

A vegetação costeira apresenta uma riqueza e diversidade limitadas, porque as condições ambientais são restritivas e estressantes. A atividade eólica constante, salinidade e a intensa radiação solar são os principais fatores limitantes para o estabelecimento da flora. Apenas espécies com estratégias especializadas têm capacidade de colonizar este ambiente, geralmente espécies de porte herbáceo.

Existe uma zonação com regiões paralelas a linha da costa, observada por vários pesquisadores (Rambo, 1956; Pfadenhauer, 1978, Seeliger, 1992). À medida que se avança na direção do continente, os efeitos de salinidade e atividade eólica são paulatinamente minimizados. Conseqüentemente, as comunidades vegetais aumentam em riqueza, diversidade e porte. A área circunscrita aos limites ora avaliados é caracterizada por seis ambientes. Partindo-se da praia em direção ao continente, observa-se a seguintes zonas:

1. *Dunas embrionárias;*
2. *Dunas frontais;*
3. *Dunas terciárias (dunas secas-barcanas, alternadas com dunas intermediárias);*
4. *Dunas estabilizadas (dunas úmidas)*
5. *Campo;*
6. *Brejos;*
7. *Floresta plantada.*

#### 1. *Dunas embrionárias*

As dunas embrionárias estão na zona pós-praia, apresentam altura em torno de 40 cm e são invadidas pelo mar durante a ressaca, especialmente no inverno. O solo apresenta altos teores de salinidade e as espécies que vegetam ali são denominadas halófitas. A principal delas é *Blutaparon portulacoides*, que emite longos estolões que sobrevivem às inundações da ressaca e ao acúmulo de areia típicos da região. Uma espécie oportunista, *Hydrocotyle bonariensis* (erva-capitão) freqüentemente pode ser observada nesta área. A reprodução vegetativa, que dá a essas espécies um diferencial de adaptabilidade às condições extremas dos ambientes, cumpre uma importante função na fixação das dunas.

Salienta-se a presença de *Blutaparon portulacoides*, reconhecida na categoria “vulnerável” na lista de espécies ameaçadas (Rio Grande do Sul, 2003). Esta espécie distribui-se por toda costa brasileira, exclusivamente nesta zona.

## 2. *Dunas frontais*

As dunas frontais apresentam dois cumes, por isso são também denominadas dunas primárias e secundárias. São as mais relevantes para a estabilidade dos ambientes costeiros. As espécies que colonizam esse ambiente, ditas psamófitas, por viverem em solo arenoso, são muito eficientes na fixação das dunas. A principal delas é *Panicum racemosum*, menos freqüentes são *Andropogon selloanus*, *Senecio crassiflorus* (margarida-das-dunas) e *Gamochaeta americana*. O sistema radicular dessas plantas forma uma rede que sustenta a duna impedindo o deslocamento de areia para o continente (eixo nordeste-sudoeste). Quanto mais vegetada a duna, mais difícil de ser erodida, porque além do sistema radicular, a superfície vegetada dificulta a retirada dos grãos de areia pelo vento.

Podem-se observar dunas de formato arredondado, fixadas devido ao crescimento clonal (estolões e raízes adventícias) de *Senecio crassiflorus*, que é estimulado a cada deposição de areia. Junto com *Panicum racemosum*, são as principais indicadas para regeneração de dunas sujeitas a alterações decorrentes de seu manejo inadequado. Além da função ecológica, a margarida-das-dunas é muito ornamental quando florida.

As dunas frontais formam uma “cortina de proteção” do continente. Sua presença minimiza os efeitos drásticos do vento intenso e retém areia. A cobertura vegetal, naturalmente esparsa, cumpre uma função ecológica importantíssima na manutenção das dunas.

## 3. *Dunas terciárias:*

Esta zona ocupa maior área. É composta pelas dunas propriamente ditas (barcanas), alternadas com regiões mais protegidas do vento (sotavento). A altura e dimensões das dunas são muito variáveis e de acordo com estado de preservação das zonas descritas anteriormente. Segundo Pfadenhauer & Ramos (1979), “devem sua origem ao pastoreio esporádico e a ação direta do homem”. Geralmente são pouco vegetadas e móveis. A

principal espécie que tolera esta instabilidade do terreno é *Panicum racemosum*, podendo ocorrer *Andropogon selloanus* e *Imperata brasiliensis* (sapé).

Nas porções mais protegidas, o relevo é mais plano e há maior cobertura vegetal. encontram-se *Paspalum vaginatum*, *Imperata brasiliensis*, *Spartina ciliata* e *Hydrocotyle bonariensis* e várias espécies de compostas, ciperáceas e juncáceas. Nessa região pode haver a formação de brejos ou pequenas lagoas, neste caso a comunidade apresenta características distintas, apresentadas a seguir.

#### 4. Dunas estabilizadas

Essa região é semelhante a anterior, porém apresenta-se mais interna no continente e mais estável. A medida em que se afasta da linha da costa, os efeitos agressivos do vento e da salinidade são menos intensos, resultando numa fisionomia mais homogênea. O terreno apresenta uma topografia suave, as dunas são esparsas, baixas e com maior densidade da vegetação. As espécies psamófitas são gradativamente substituídas por espécies campestres. Encontram-se *Cynodon maritimum*, *Paspalum pumilum*, *P. notatum*, *Ischaemum minus* e *Desmodium adscendens*. Espécies capazes de emitir longos rizomas e/ou estolões levam vantagem nesses ambientes.

#### 5. Campo

Região estabilizada que se caracteriza pela cobertura herbácea contínua e uma certa estratificação, formada por plantas estoloníferas, outras cespitosas (touceiras) e espécies arbustivas. A ocupação de diferentes nichos ecológicos, mesmo que em escala reduzida, confere uma relativa diversidade já que as condições são mais favoráveis para espécies mais exigentes.

Nessa zona podem-se observar as gramíneas *Panicum gounii*, *Paspalum pumilum*, *P. notatum*, *P. acuminatum*, *P. pauciciliatum* e *P. dilatatum*. A família das leguminosas enriquece os campos sob ponto de vista forrageiro, aparecem *Adesmia latifolia*, *Desmodium incanum*, *D. adscendens*, *Indigofera sabulicola*, *Macroptilium prostratum*, *Vigna luteola*, *V. longifolia*, entre outras. Esporadicamente podem ocorrer pequenos arbustos ou subarbustos de *Sesbania punicia* (cambaí), *Cordia verbenacea* (erva-balieira), *Achyrocline*



*satureoides* (marcela), *Baccharis radians*, *Achyrocline satureoides* (marcela) e *Ludwigia* spp. (cruz-de-malta).

## 6. Brejos

Entre as dunas terciárias pode haver um rebaixamento no terreno, formando baixadas úmidas resultantes do afloramento do lençol freático. A espécie mais comum, endêmica\* da região sul e bioindicadora de umidade é *Androtrichum trigynum* (tiririca). Essa espécie emite vigorosos rizomas e tem seu ótimo ecológico no ambiente aquático, tolerando certa deposição de areia desde que o lençol esteja próximo da superfície (até 2 m de profundidade média). De menor porte estão *Bulbostylis capillaris* (cabelo-de-porco), *Juncus dichotomus* (tiririca), *Kyllinga vaginata*, *Cyperus* spp., entre outras.

Os brejos (slacks) podem ser permanentes ou temporários. Nos primeiros, vegetam espécies aquáticas como *Juncus acutus*, *Ludwigia* sp., *Luziola peruviana* (grama-boiadeira), entre outras. A maior riqueza de espécies ocorre no ambiente intermediário entre terrestre e aquático, onde o solo é sempre úmido e há maior porcentagem de matéria orgânica (Cordazzo & Seeliger, 1988; Pfadenhauer, 1978). Ali vegetam as seguintes espécies *Bacopa monnieri*, *Lycopodiella alopecuroides*, *Ischaemum minus*, *Eriochrysis cayennensis*, *Panicum gouinii*, *Eriocaulon modestum* (capipoatinga), *Scleria hirtella*, *Hedyotis salsmannii*, *Triglochin striata*, *Bulbostylis* spp., *Cyperus* spp. *Eleocharis* spp., além das carnívoras *Drosera brevifolia* (orvalinha) e *Utricularia* spp. (boca-de-leão-do-banhado).

Nesse ambiente podem ser encontradas espécies que constam na lista de espécies ameaçadas de extinção, como *Gunnera herteri* (urtiga-da-praia) na categoria “em perigo” e *Burmania australis* na categoria “vulnerável”. Esta última é saprofítica, não realiza fotossíntese e nutre-se a partir de restos orgânicos presentes no substrato. *Utricularia inflata* está na categoria “em perigo”.

---

\* distribuição desde estado do de Santa Catarina até Argentina.

## *7. Floresta Plantada*

Tratam-se de áreas utilizadas para o cultivo de essências exóticas, com um claro predomínio de *Pinus* sp., cultivado basicamente para a produção de madeira em toras. O maior núcleo mapeado encontra-se nas proximidades de Cidreira, em áreas baixas junto às lagoas da Fortaleza e Cidreira. Foi mapeado um total de cerca de 250 ha dessa classe na área de estudo.

## *Considerações Finais*

Frágil e muito dinâmica devido às características do ambiente físico, a planície costeira do Rio Grande do Sul vêm sendo objeto de profundas modificações ao longo dos últimos anos, principalmente em decorrência da sua intensa ocupação como área de lazer no período de verão para importantes contingentes da população de todo o Estado. Apesar da vegetação costeira não apresentar a exuberância das florestas tropicais e sua diversidade ser significativamente menor, quando em comparação com outros ambientes do Estado, sua função ecológica foi definida como prioritária no equilíbrio de áreas mais internas do continente.

Para que seja possível a manutenção dos estoques de biodiversidade em condições capazes de garantir a sua autoperpetuação, podem ser feitas algumas sugestões de caráter geral para o manejo das regiões costeiras:

- Conservação das margens das lagoas em suas condições naturais;
- Estabelecimento de restrições para o uso de áreas para o florestamento com espécies exóticas;
- Proibição do tráfego de veículos automotores na faixa da praia;
- Preservação e recuperação das dunas frontais através do estabelecimento de planos de manejo dessas áreas;
- Criação de uma unidade de conservação que possibilite a proteção da completa zonação que vai da linha da costa à margem das lagoas litorâneas.

A tabela a seguir apresenta as espécies que se destacam na vegetação da área de estudo.

Tabela 2.1 - Principais espécies que compõem a vegetação costeira e hábitat que ocupam. Abreviações: dunas embrionárias (de), dunas frontais (df), dunas terciárias (dt), brejos (be) e campo (ca). Informações em negrito referem-se à lista de espécies ameaçadas (Rio Grande do Sul, 2003).

| <i>Nome científico</i>          | <i>hábitat</i> | <i>status</i> | <i>informações gerais</i>                              |
|---------------------------------|----------------|---------------|--|
| <i>Andropogon selloanus</i>     | df, dt         | sensível      | fixadora de dunas                                      |
| <i>Androtrichum trigynum</i>    | dt, be         | endêmica      | distribuição restrita no Brasil austral até Argentina. |
| <i>Blutaparon portulacoides</i> | de             | vulnerável    | tolera salinidade                                      |
| <i>Burmania australis</i>       | dt             | vulnerável    | rara,  |
| <i>Gunnera herteri</i>          | dt             | em perigo     | rara   |
| <i>Ischaemum minus</i>          | dt, be         | sensível      | forrageira   |
| <i>Paepalanthus spp.</i>        | dt             | sensível      | rara, ornamental                                       |
| <i>Panicum racemosum</i>        | df, dt         | sensível      | fixadora de dunas                                      |
| <i>Senecio crassiflorus</i>     | df, dt         | sensível      | fixadora de dunas, ornamental                          |
| <i>Spartina ciliata</i>         |                | sensível      | tolera salinidade                                      |
| <i>Utricularia inflata</i>      | dt, be         | em perigo     |  |

## Capítulo 3. Fauna

A fauna dos campos de dunas do sul do Brasil foi objeto de revisão por Gianuca (1998). De acordo com o autor, a fauna das dunas é dominada pelos insetos. A base da rede trófica está nas plantas das dunas, nas microalgas da areia e no detrito das plantas, em especial nas poças temporárias dos vales entre-dunas. Em especial, deve-se considerar a relação das lagartas da mariposa *Ecpantheria indecisa* e das larvas da mosca *Hapopleudes vogti*, dada sua ocorrência relacionada com *Blutaparon portulacoides*, planta presente na lista das espécies da flora ameaçada do Rio Grande do Sul como vulnerável.

A grande diversidade de insetos garante a presença noturna de predadores anfíbios como o sapo *Bufo arenarum* e a rã-da-areia *Pleurodema darwini*. De dia este papel é cumprido pelo lagarto *Liolaemus occipitalis*. Esses, por sua vez são presas para a cobra *Lystrophis dorbignyi*.

Entre os vertebrados residentes destacam-se o rato *Calomys laucha* e o tuco-tuco *Ctenomys flamarioni*. Este último consta da lista oficial da fauna ameaçada do Rio Grande do Sul (SEMA, 2003) na categoria vulnerável, sendo dependentes dos tecidos e sementes da vegetação das dunas.

Nas poças temporárias, além de uma sucessão de insetos, é possível a ocorrência de peixes anuais da família Rivulidae. Essa possibilidade está vinculada à ocorrência desses peixes em áreas próximas ou com características de hábitat similares às aquelas encontradas nos campos de dunas. Entre as espécies descritas em Costa (2002), podem-se citar *Austrolebias luteoflammulatus*, *Cynopoecilus melanotaenia* e *Megalebias wolterstorffi*. Essa última, consta da lista oficial como criticamente em perigo e a primeira como vulnerável. Em pesquisa ao banco de dados NEODAT II (NEODAT, 2003), pode-se observar a presença da espécie *Rivulus haraldsiolii* em Osório, na Lagoa Emboaba.

A ocorrência de peixes anuais poderia aumentar o valor conservativo das poças temporárias ocorrentes entre as dunas, aumentando o valor destas áreas para ictiófagos, em especial, espécies de aves visitantes. De acordo com Vooren (1998), a acessibilidade dos locais de alimentação para as inúmeras espécies de aves costeiras depende da ocorrência de locais tranquilos e seguros na praia para repouso. Desse modo, a ocorrência de locais que

conectam os campos de dunas com a praia assumem importância não somente em termos de alimentação de areia para as dunas, como também em termos de disponibilidade de habitat para aves costeiras. Entre as aves costeiras destacam-se, para os objetivos deste trabalho, a batuíra-de-coleira *Charadrius collaris* e o ostreiro *Haematopus palliatus*, espécies residentes que nidificam na areia.

Entre as espécies não residentes encontram-se a coruja *Athene cunicularia*, o gambá *Conepathus chinga*, o tatu *Dasypus hybridus* e o graxaim *Dusicyon gymnocercus*, que excursionam pelas dunas no período noturno.

A Tabela 3.1 apresenta os dados das espécies de invertebrados e vertebrados selecionadas como indicadoras de qualidade do habitat de acordo com Porto, Bracke & Bruschi (1992), Narosky & Yzurieta (1993), Gianuca (1998), Vooren (1998), Souza (1998), Costa (2002), NEODAT (2003) e SEMA (2003).

Tabela 3.1 - Sistematização das informações sobre a fauna dos campos de dunas e praias.

| espécie                              | nome vernáculo     | categoria  | microhabitat                                | Informações gerais.   |
|--------------------------------------|--------------------|------------|---|---|
| <i>Anthus nattereri</i>              | caminheiro -grande | Vulnerável | Pastos úmidos                               |   |
| <i>Austrolebias luteoflammulatus</i> | peixe-anual        | Vulnerável | Brejos e água                               |   |
| <i>Bledius bonariensis</i>           | besouro            | sensível   | Dunas frontais, praias arenosas, superfície | Herbívoros (Coleóptera). Alimenta-se de microalgas na superfície da areia, adulto e larval, base dos Carabídeos e aves insetívoras. |
| <i>Bledius fernandezi</i>            | besouro            | sensível   | Dunas frontais, praias arenosas, superfície | Herbívoros (Coleóptera). Alimenta-se de microalgas na superfície da areia, adulto e larval, base dos Carabídeos e aves insetívoras. |
| <i>Bledius microcephalus</i>         | besouro            | sensível   | Dunas frontais, praias arenosas, superfície | Herbívoros (Coleóptera). Alimenta-se de microalgas na   |

|                                  |                        |                   |   |  |
|----------------------------------|------------------------|-------------------|---|--|
|                                  |                        |                   |   | superfície da areia, adulto e larval, base dos Carabídeos e aves insetívoras.      |
| <i>Bufo arenarum</i>             | sapo-da-areia          | sensível          | Dunas e campos arenosos                     |  |
| <i>Calomys laucha</i>            | rato-da-areia          | sensível          | Dunas frontais e campos arenosos mais secos |  |
| <i>Charadrius collaris</i>       | batuíra-de-colar       | Sensível (nidif.) | Praias, lagoas                              | Nidifica nas dunas   |
| <i>Circus cinereus</i>           | gavião-cinza           | Vulnerável        | Alagados e pastos                           |  |
| <i>Ctenomys flamarioni</i>       | tuco-tuco              | vulnerável        | Dunas frontais e campos arenosos mais secos |  |
| <i>Cynopoecilus melanotaenia</i> | peixe anual            | sensível          | Brejos e água                               |  |
| <i>Delphacodes kuscheli</i>      | inseto                 | sensível          | Dunas e campos arenosos                     | Associado a parte aérea das plantas de dunas.                                      |
| <i>Ecpanteria indecisa</i>       | mariposa               | sensível          | Dunas e campos arenosos                     | Vive e se alimenta entre as plantas ( <i>Senecio</i> e <i>Blutaparon</i> ).        |
| <i>Efflagitatus freudei</i>      | inseto                 | sensível          | Areias úmidas atrás das dunas frontais      | Base alimentar de <i>Charadrius collaris</i> e <i>Anthus corredera</i>             |
| <i>Haematopus palliatus</i>      | ostreiro               | Sensível (nidif.) | Praias, lagoas                              | Nidifica nas dunas.  |
| <i>Hapopleudes vogti</i>         | mosca                  | sensível          | Dunas e campos arenosos                     | Vive e se alimenta entre as plantas ( <i>Blutaparon</i> ).                         |
| <i>Heteroxolmis dominicana</i>   | noivinha-de-rabo-preto | Vulnerável        | Pastos úmidos                               |  |
| <i>Lagrioida nortoni</i>         | inseto                 | sensível          | Dunas e campos arenosos                     | Associado a parte aérea das plantas de dunas ( <i>Panicum</i> e <i>Spartina</i> ). |
| <i>Larus atlanticus</i>          | gaivota-de-rabo-preto  | Vulnerável        | Costa do mar                                |  |
| <i>Liolaemus occipitalis</i>     | lagarto-da-areia       | sensível          | Dunas e campos arenosos                     |  |

|  |                    |                        |  |  |
|--|--------------------|------------------------|--|--|
| <i>Listroderes uruguayensis</i>          | caruncho           | sensível               | Dunas e campos arenosos                | Vive e se alimenta entre as plantas ( <i>Hydrocotile</i> ).              |
| <i>Lystrophis dorbignyi</i> (Colubridae) | nariguda-grande    | sensível               | Dunas e campos arenosos                |  |
| <i>Megalebias wolterstorffi</i>          | peixe anual        | Criticamente em perigo | Brejos e água                          |  |
| <i>Neotridactylus carbonelli</i>         | inseto             | sensível               | Areias úmidas atrás das dunas frontais | Base alimentar de <i>Charadrius collaris</i> e <i>Anthus corredera</i> . |
| <i>Paracymus rufoncinctus</i>            | inseto             | sensível               | Areias úmidas atrás das dunas frontais | Base alimentar de <i>Charadrius collaris</i> e <i>Anthus corredera</i> . |
| <i>Pleurodema darwini</i>                | rã-da-areia        | sensível               | Dunas e campos arenosos                |  |
| <i>Porzana spiloptera</i>                | sanã-cinza         | Em perigo              | Vegetação aquática e campos inundados  |  |
| <i>Proarna</i> sp.                       | cigarra            | sensível               | Dunas e campos arenosos                | Associado a parte aérea das plantas de dunas.                            |
| <i>Proarna uruguayensis</i>              | cigarra            | sensível               | Dunas e campos arenosos                | Associado a parte aérea das plantas de dunas.                            |
| <i>Rivulus haraldsiolii</i>              | peixe anual        | sensível               | Brejos e água                          |  |
| <i>Sporophila collaris</i>               | coleiro-do-brejo   | Vulnerável             | Vegetação aquática e campos inundados  |  |
| <i>Tryngites subruficollis</i>           | maçarico-acanelado | Vulnerável             | Campos e banhados                      |  |

Fontes: Porto, Bracke & Bruschi (1992), Narosky & Yzurieta (1993), Gianuca (1998), Vooren (1998), Souza (1998), Costa (2002), NEODAT (2003) e SEMA (2003).

Com base nestas informações será aplicada a metodologia de avaliação do valor conservativo de habitats conforme já descrito no capítulo anterior.

## **Capítulo 4. Análises Espaciais e Mapeamento**

### ***Área de Estudo***

O trabalho concentrou-se em uma faixa de largura máxima de cerca de 3,5 km, com o seu limite norte nas coordenadas 30°03'0"S e o limite sul em 30°16'48"S, totalizando uma área de aproximadamente 7.700 ha, abrangendo parte dos municípios de Tramandaí, Cidreira e Balneário Pinhal. O limite leste da área de estudo está localizado junto à linha da costa e o limite oeste acompanha as margens orientais do cordão de lagoas costeiras encontradas junto à área de estudo.

A figura 4.1 apresenta a área de abrangência do estudo.

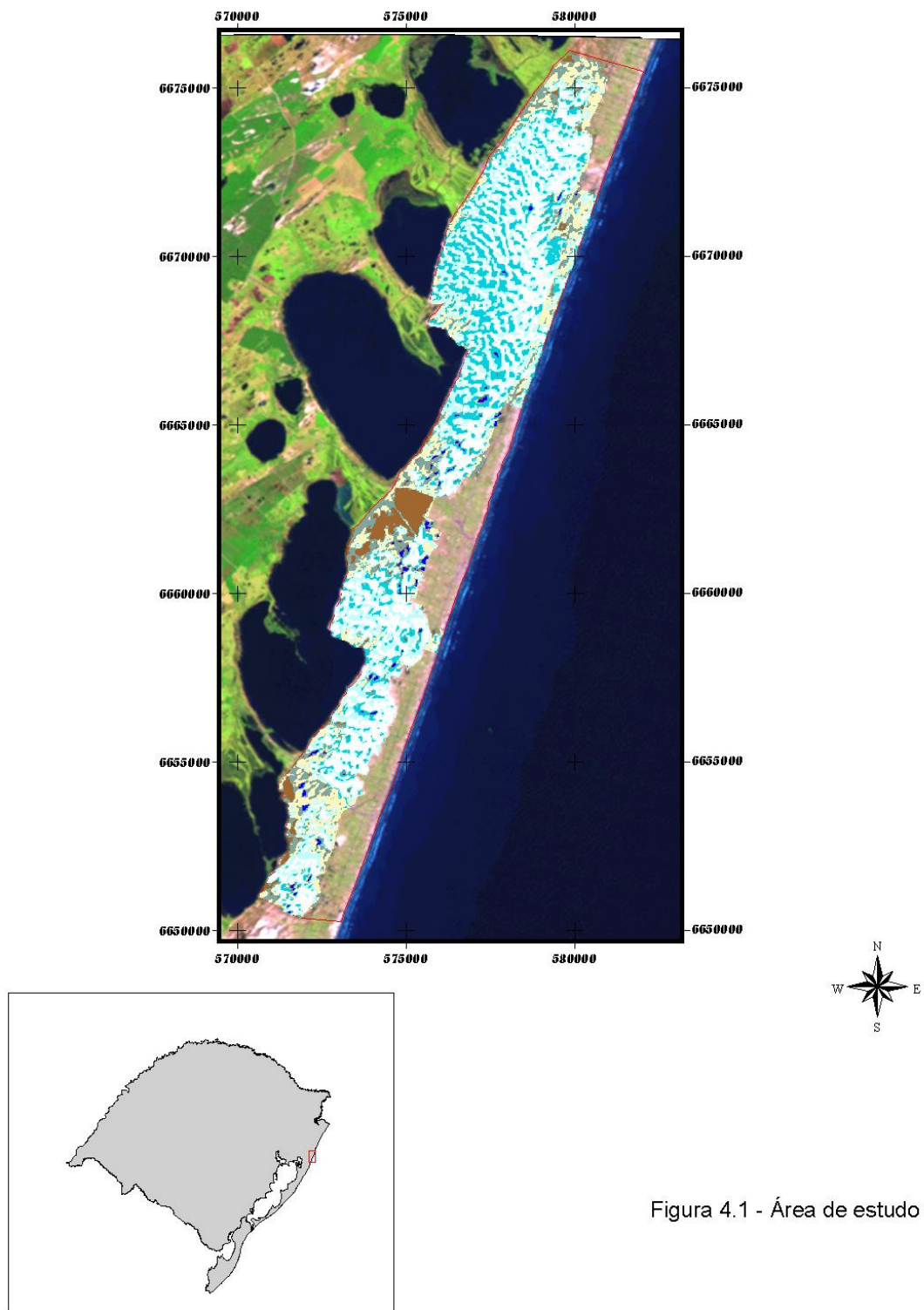
### ***Abordagem Metodológica***

As informações disponíveis nas fontes citadas a seguir foram analisadas de maneira a permitir a interpretação dos fenômenos descritos ao longo do estudo a partir do contexto espacial em que esses se dão.

Além da descrição das principais características ambientais da área de interesse, foi dada ênfase à análise da evolução do processo de urbanização nela verificado, considerando o horizonte temporal de cerca de 25 anos, transcorridos entre o sobrevôo que deu origem às fotografias a partir das quais foi elaborada a base cartográfica utilizada e a imagem do satélite Landsat 7 a partir da qual, juntamente com o mosaico de fotografias aéreas de pequeno formato de 2002 fornecido pelo GEOFEPAM, foi feita a digitalização das áreas atualmente urbanizadas.

O trabalho procurou fazer uma avaliação dos efeitos do adensamento urbano sobre o sistema de dunas, considerando tanto o aspecto temporal, a partir da análise da evolução desse processo no período descrito acima, como o espacial, procurando investigar as conseqüências sobre a dinâmica dos campos de dunas do efeito de barreira nos processos de alimentação das mesmas provocado pela urbanização da faixa costeira.





## ***Base de informações***

O trabalho foi desenvolvido a partir do seguinte conjunto de dados:

- Cartas do serviço geográfico do exército em escala 1:50.000 – MI 2989-2 e 2989-4;
- Imagem do satélite Landsat 7 de dezembro de 2001 – Cena 220/081 de 22/11/2001;
- Mosaico de fotografias aéreas de pequeno formato – 2002;
- Informações de campo georreferenciadas com o uso de GPS (*global positioning system*).

## ***Análises Espaciais***

O conjunto de informações compiladas foi organizado de forma a permitir a sua utilização em ambiente de SIG (sistemas de informações geográficas), o que envolveu tarefas de digitalização, edição e preparação dos diferentes elementos para o desenvolvimento das análises.

### *Uso e cobertura do solo na área de estudo*

O mapa de uso e cobertura do solo foi produzido com o uso das bandas 3, 4 e 5 do Landsat 7, a partir das quais se procedeu a uma classificação não supervisionada. Essa classificação originou um mapa preliminar de uso e cobertura do solo que posteriormente foi objeto de uma reclassificação com o emprego dos resultados de uma expedição de controle a campo.

As áreas urbanas, previamente digitalizadas a partir do mosaico de fotografias aéreas de pequeno formato, da composição falsa-cor das imagens Landsat 7 e da banda pancromática do mesmo satélite, foram excluídas do processamento para a classificação de uso e cobertura do solo. Os aspectos relativos à cobertura vegetal encontram-se descritos no Capítulo 2 – Vegetação e Flora.

No mapa final, foram consideradas as seguintes classes de uso e cobertura do solo:

- água
- reflorestamentos
- brejos
- campos

- dunas (três classes de uso separadas pelo conteúdo de umidade: dunas 1 = maior umidade; dunas 2 = teor intermediário de umidade; dunas 3 = dunas propriamente ditas).

A figura 4.2 apresenta o uso e cobertura do solo na área de abrangência do estudo.

#### *Evolução das áreas urbanizadas*

As áreas urbanizadas foram avaliadas quanto ao seu crescimento e ao efeito que exercem no processo de alimentação dos campos de dunas, atuando como uma barreira que impede a manutenção dos fluxos naturais que conduzem a areia da linha da costa na direção do interior, principalmente sob o efeito do vento nordeste. A tabela a seguir apresenta os quantitativos dessa evolução.

Tabela 4.1 – Evolução espacial das áreas urbanas.

| TEMA                    | ÁREA (ha) | %     |
|-------------------------|-----------|-------|
| Área de estudo          | 7743,67   |       |
| Área urbanizada em 1975 | 597,12    | 7,71  |
| Área urbanizada em 2001 | 1578,60   | 20,39 |

Como pode ser visto na tabela acima, as áreas urbanizadas tiveram um aumento de aproximadamente 2,6 vezes, observando-se uma variação no grau de participação no total da área de estudo de 7,71% para 20,39%.

Partindo-se da premissa adotada no presente estudo que estabelece que a presença das áreas urbanas traz como consequência a anulação do processo de alimentação do campo de dunas, deve-se avaliar, além do crescimento das áreas urbanas em termos da sua evolução bidimensional, a sua evolução unidimensional, em termos de sua expansão ao longo da linha da costa, uma vez que essa dimensão responde majoritariamente pelo efeito barreira das áreas urbanizadas.

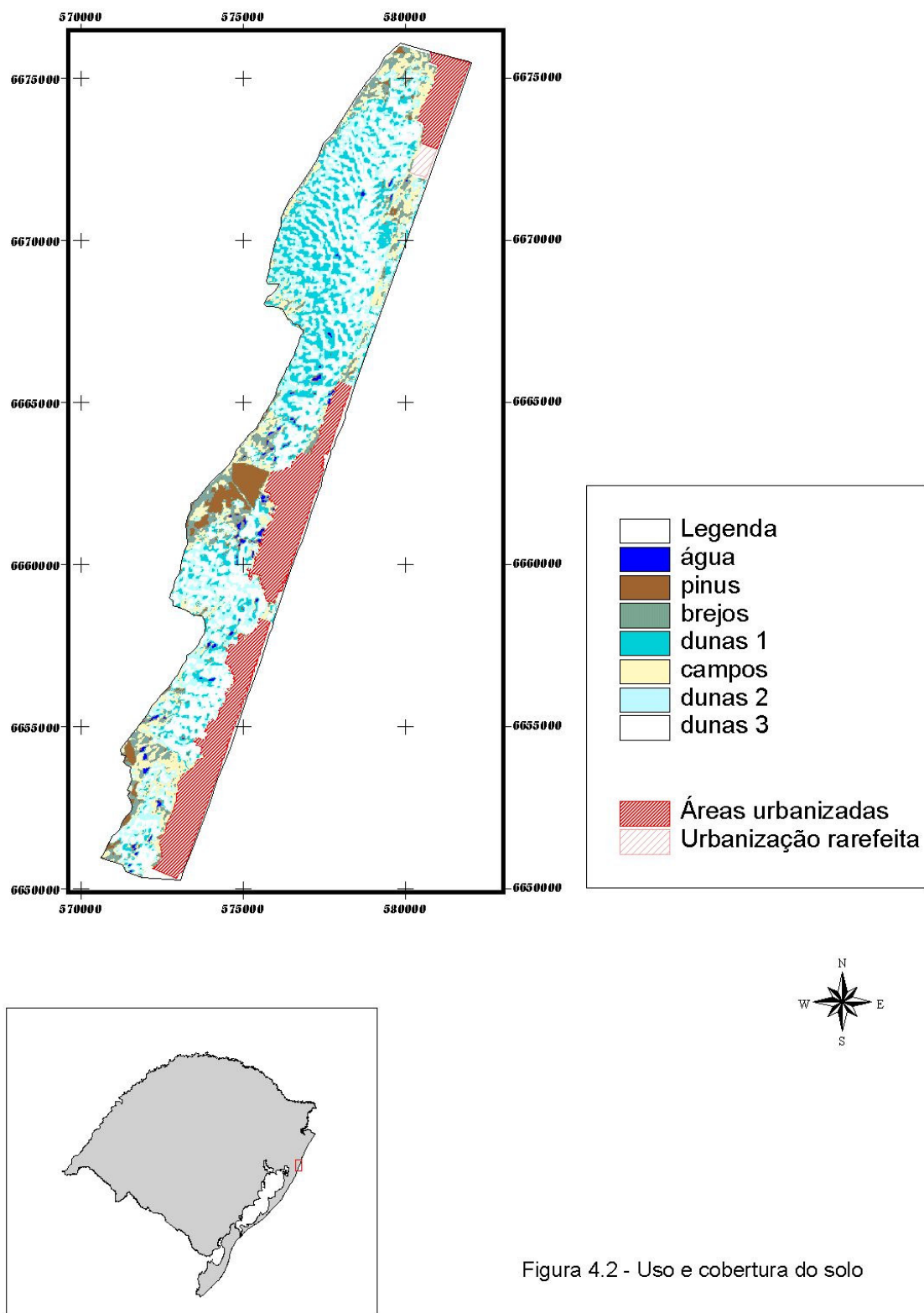


Figura 4.2 - Uso e cobertura do solo

Tabela 4.2 – Evolução linear das áreas urbanas.

| TEMA                    | EXTENSÃO (m) | %     |
|-------------------------|--------------|-------|
| Linha costeira          | 26752,90     |       |
| Área urbanizada em 1975 | 11364,98     | 42,48 |
| Área urbanizada em 2001 | 19363,53     | 72,38 |

Como se vê na tabela acima, a área de estudo compreende um trecho de 26,8 km do litoral gaúcho. As áreas urbanizadas que em 1975 ocupavam 11,4 km, em 2001 passaram a ocupar 19,4 km, o que corresponde praticamente a dois terços da linha da costa avaliada.

A figura 4.3 ilustra o avanço das áreas urbanizadas na região de abrangência do estudo.

*Dinâmica de evolução dos campos de dunas, considerando as áreas alimentadas/não alimentadas.*

Este item foi contemplado através de simulações da evolução dos campos de dunas, que segundo Tomazelli (2001), se dá através de um deslocamento que segue a um vetor de sentido nordeste-sudoeste, em uma ordem de grandeza de 38 m ao ano.

Foram avaliados dois cenários principais: o primeiro com a manutenção da faixa de alimentação dos campos de dunas hoje encontrada entre o balneário Jardim do Éden e Cidreira, e o segundo com a completa interrupção do processo de alimentação, com a formação de uma grande área conurbada junto à faixa costeira da área de estudo. As figuras 4.4 e 4.5 apresentam a articulação espacial entre as áreas urbanas, o vento nordeste e o efeito de barreiras daquelas sobre a alimentação dos campos de dunas.

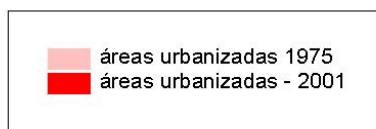
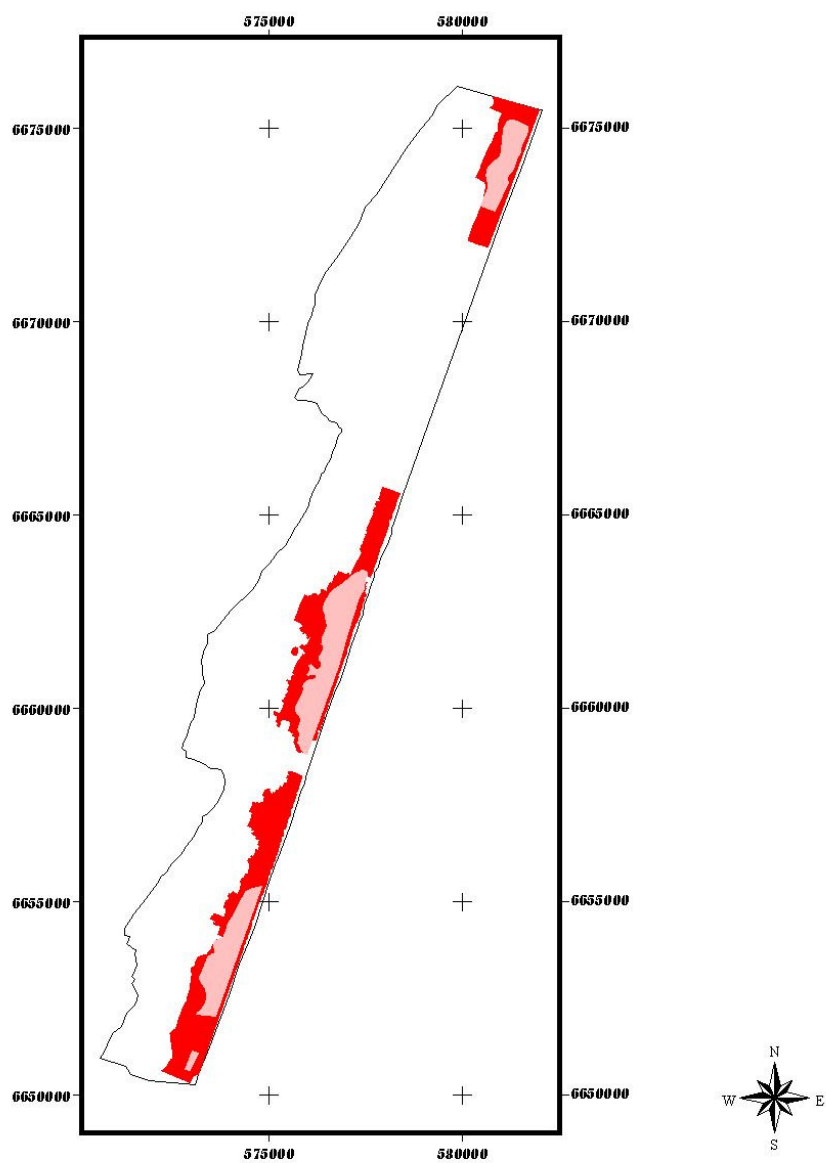


Figura 4.3 - Evolução das áreas urbanas

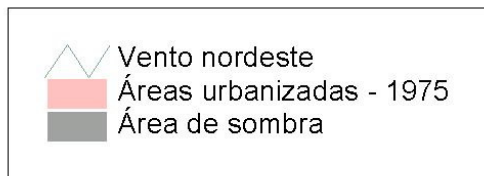
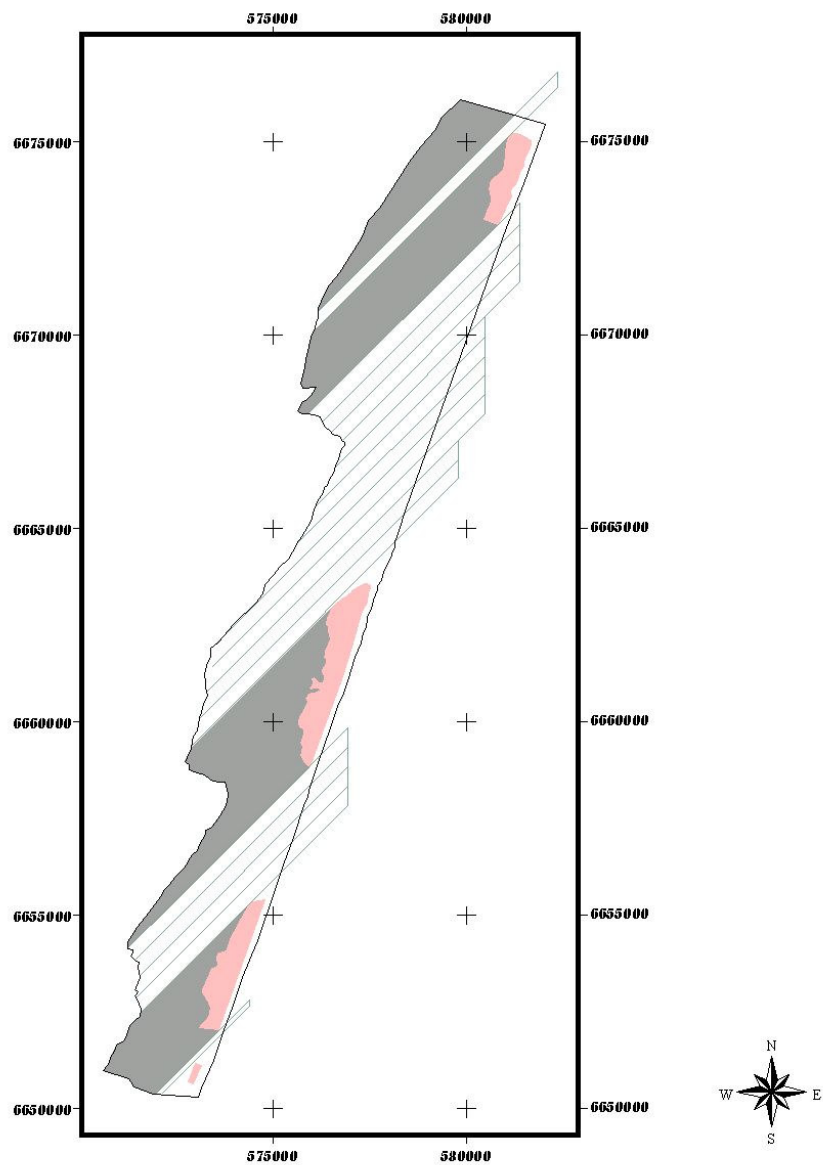


Figura 4.4 - Área de alimentação dos campos de dunas - 1975

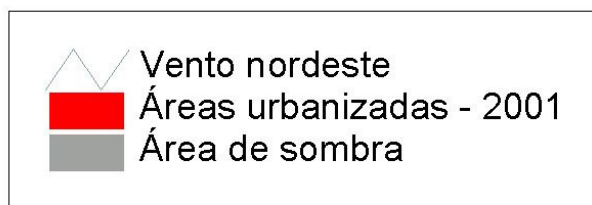
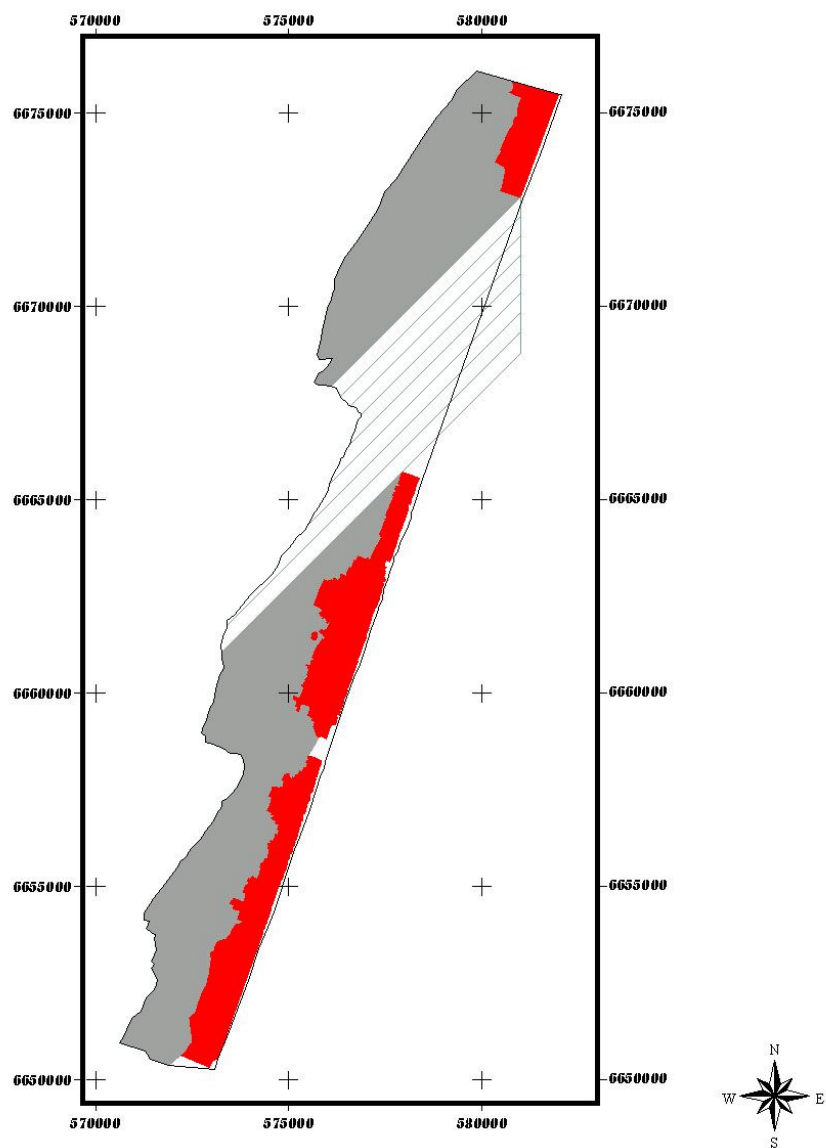


Figura 4.5 - Áreas de alimentação dos campos de dunas em 2001



Uma avaliação quantitativa dos aspectos ilustrados nas figuras acima é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 4.3 –Relações especiais das áreas urbanas com a alimentação dos campos de dunas.

| ITEM            | ÁREA (ha) | %     |
|-----------------|-----------|-------|
| Área de estudo  | 7743,67   |       |
| 1975            |           |       |
| Área urbana     | 597,12    | 7,71  |
| Área de sombra  | 3178,10   | 41,04 |
| Área alimentada | 3968,44   | 51,25 |
| 2001            |           |       |
| Área urbana     | 1578,60   | 20,39 |
| Área de sombra  | 4501,51   | 58,13 |
| Área alimentada | 1663,55   | 21,48 |

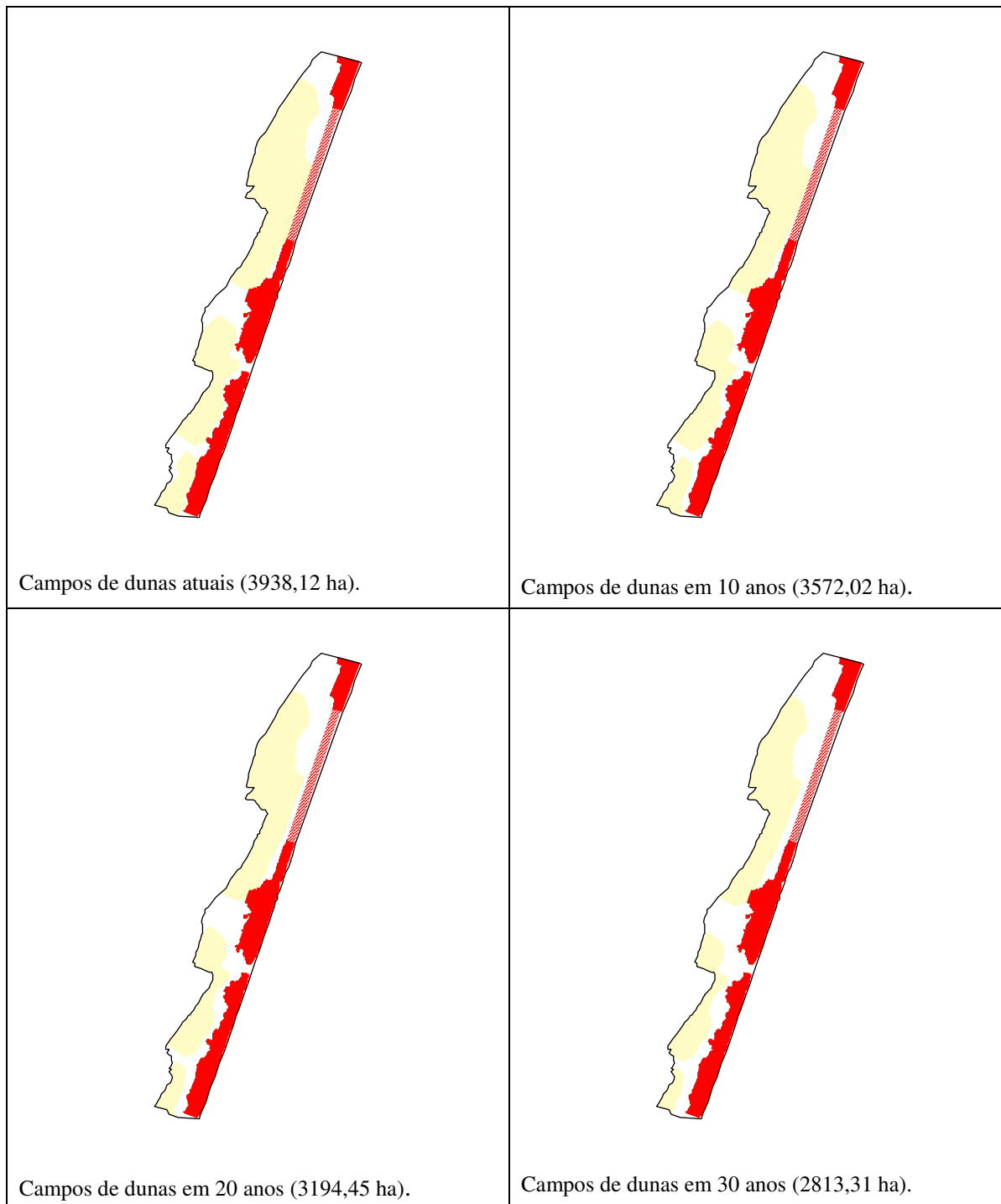
Alguns aspectos podem ser destacados da tabela acima, além do que já foi discutido quanto à ampliação das áreas urbanas de 7,71% para 20,39% da área de estudo. Em primeiro lugar, verifica-se que há uma significativa redução da área alimentada, que no momento avaliado inicialmente correspondia a 51,25% da área de estudo e que no final do período alcançou 21,48% dela. Esse declínio, embora seja de uma ordem de grandeza inferior ao crescimento das áreas urbanas (2,6 vezes para essas e 1,4 vezes para aquela), corroboram a importância que adquire a área livre de urbanização na porção norte da área de estudo. É interessante notar que o declínio da área alimentada se dá em uma ordem de grandeza mais próxima do crescimento das áreas urbanas do que da área de sombra (2,4 vezes, 2,6 vezes e 1,4 vezes, respectivamente). Esses valores permitem que o momento atual é de uma inversão nessas proporções, uma vez que se pode esperar que pequenos crescimentos das áreas urbanas ao longo da costa representarão significativos aumentos das áreas de sombra.

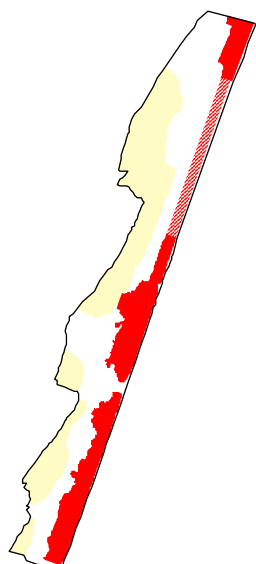
A esse respeito é bastante ilustrativa a situação de uma área de urbanização incipiente junto ao Balneário Jardim do Éden, em posição contígua à grande área de alimentação remanescente (área de urbanização rarefeita na figura 4,2). Essa área tem uma superfície

total de 52,44 ha, com uma frente junto à costa de 966,95 m de extensão. Para fins dos modelos de simulação desenvolvidos, essa área foi incorporada integralmente às áreas urbanizadas, embora ela possa apresentar, atualmente, alguma porosidade, em decorrência do baixo índice construtivo nela verificado. A adição dessa área às áreas urbanas implica um aumento de 3,44% no total. Já o impacto no incremento da área de sombra é da ordem de 5,35%, representando um valor de 228,73 ha de sombra a mais no total. Avaliando-se esses valores, em linhas gerais pode-se afirmar que cada quilômetro de costa ocupado por áreas urbanizadas representa um acréscimo de cerca de 235 ha de área de sombra no polígono considerado no presente estudo.

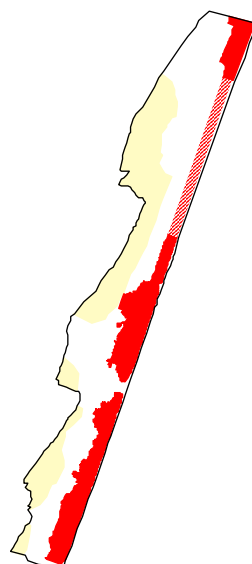
As figuras 4.6 e 4.7 .trazem um esquema do processo de evolução dos campos de dunas ao longo do tempo nos dois cenários avaliados (com a total interrupção da alimentação e com a manutenção da faixa atual de alimentação). Os campos de dunas indicados nas figuras foram extraídos da imagem classificada, selecionando-se as áreas cujas características se mantêm mais próximas dos sistemas livres das interferências decorrentes do crescimento urbano, podendo ser considerados os campos de dunas *stricto sensu*.

Figura 4.6 - Evolução dos campos de dunas sem alimentação (bege = campos de dunas; vermelho sólido = urbanização atual; vermelho hachurado = área de alimentação atual).

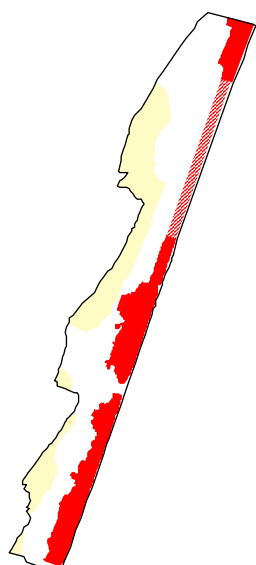




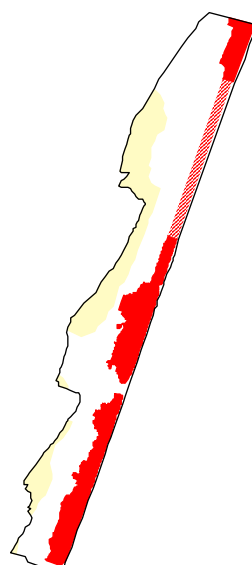
Campos de dunas em 40 anos (2425,43 ha).



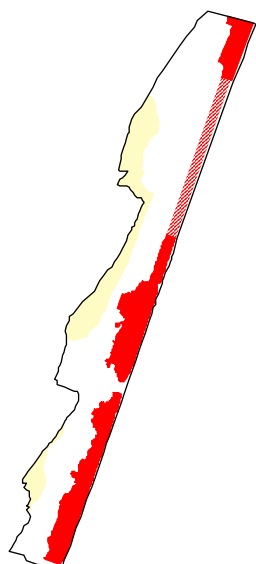
Campos de dunas em 50 anos (2068,70 ha).



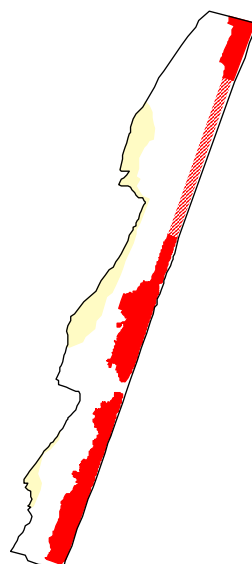
Campos de dunas em 60 anos (1727,83 ha).



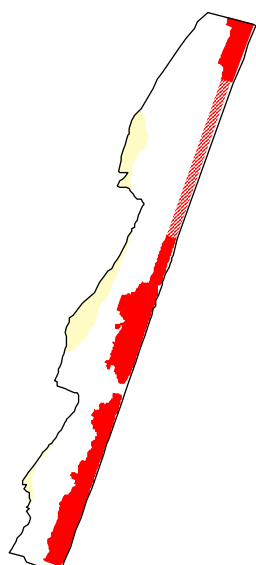
Campos de dunas em 70 anos (1406,44 ha).



Campos de dunas em 80 anos (1115,13 ha).

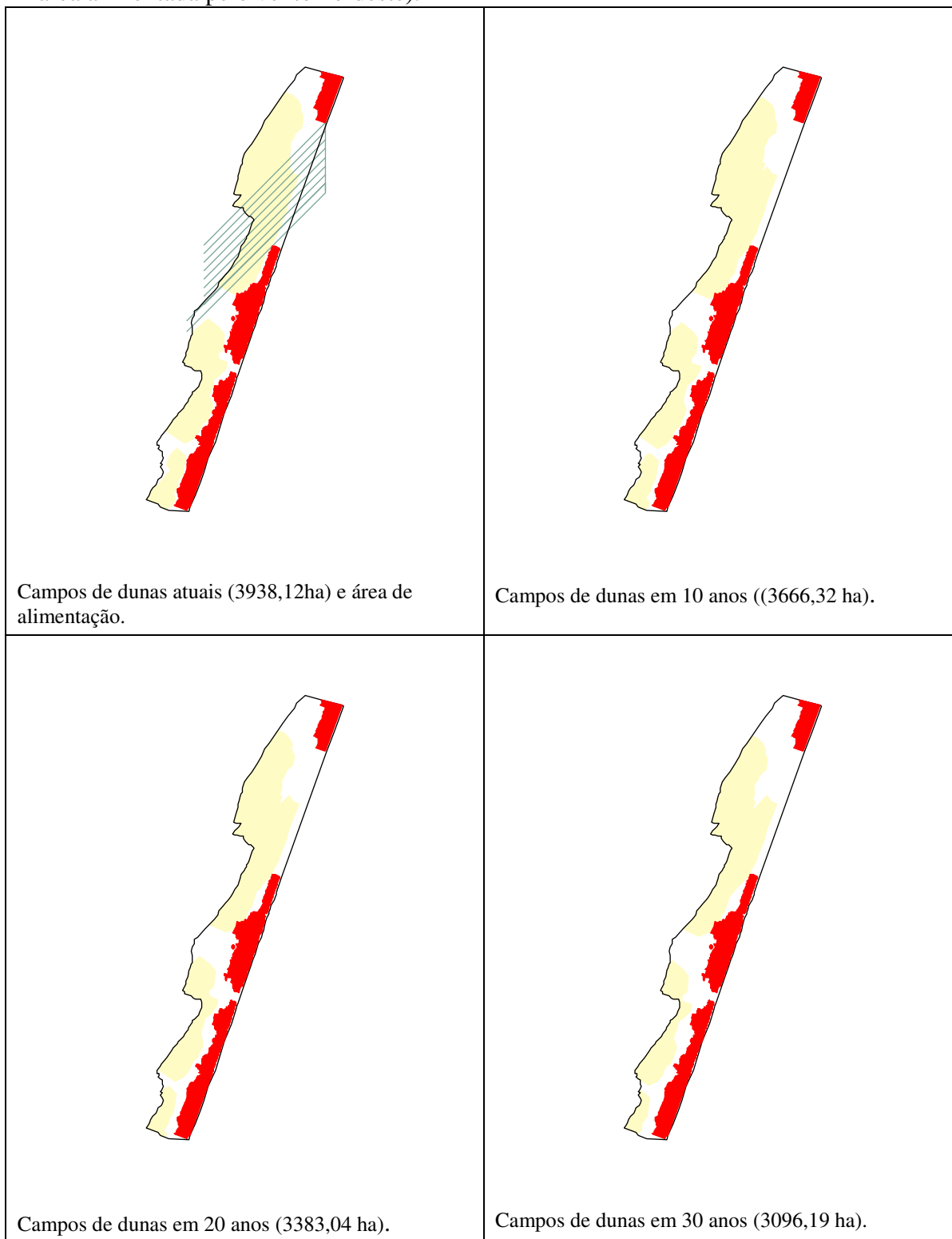


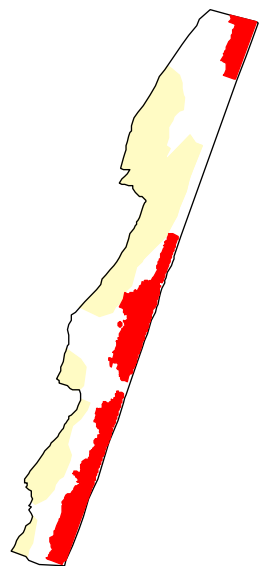
Campos de dunas em 90 anos (849,20 ha).



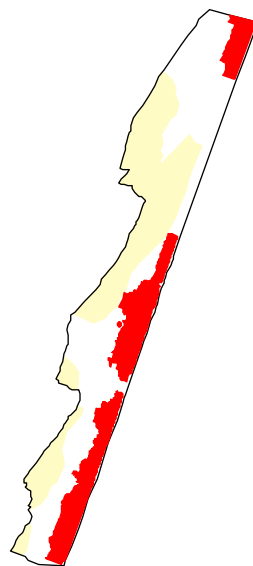
Campos de dunas em 100 anos (606,02 ha).

Figura 4.7 - Evolução dos campos de dunas com a manutenção da faixa atual de alimentação (bege = campos de dunas; vermelho sólido = urbanização atual; linhas verdes = área alimentada pelo vento nordeste).

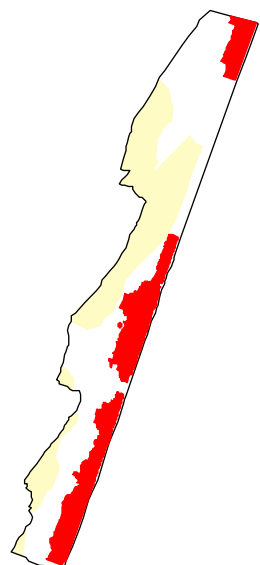




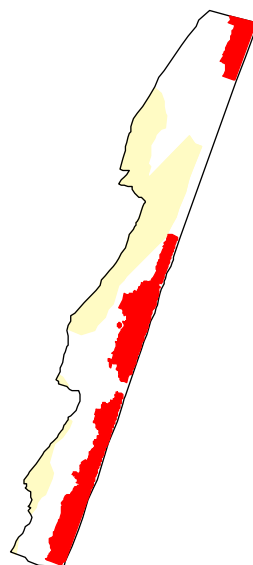
Campos de dunas em 40 anos (2802,60 ha).



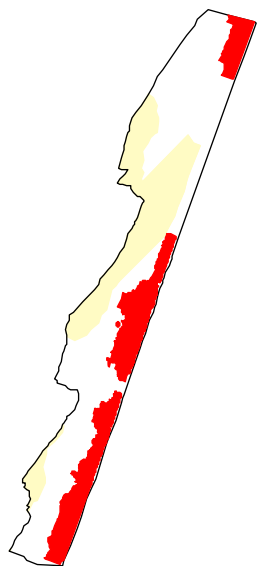
Campos de dunas em 50 anos (2540,16 ha).



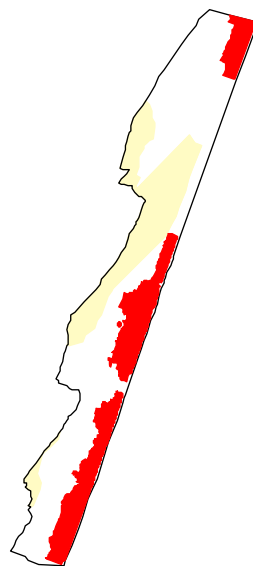
Campos de dunas em 60 anos (2293,59 ha).



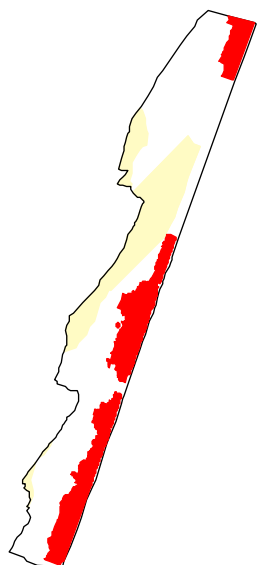
Campos de dunas em 70 anos (2066,50 ha).



Campos de dunas em 80 anos (1869,48 ha).



Campos de dunas em 90 anos (1697,85 ha).



Campos de dunas em 100 anos (1530,35 ha).

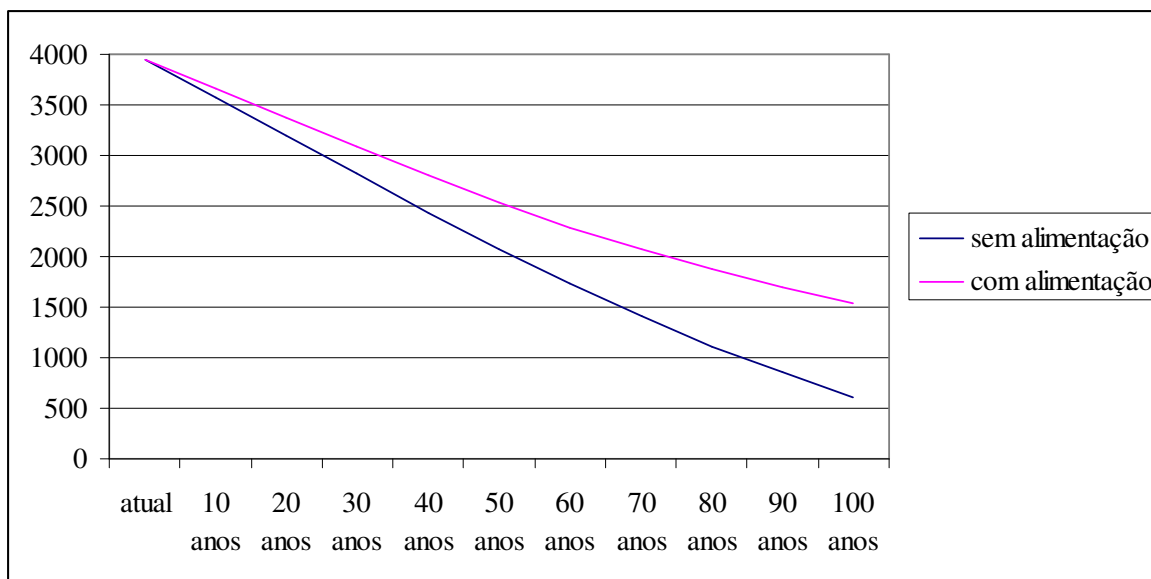


A figura 4.6 acima apresenta a redução dos campos de duna diante da condição de uma completa interrupção do fluxo de alimentação praial, o que seria observado no caso de ocorrer a ocupação urbana da área hachurada nas ilustrações.

Já a figura 4.7 apresenta a mesma evolução no caso da manutenção da linha de alimentação hoje identificada, que assume uma especial relevância, uma vez que concentra a integralidade da alimentação natural dos campos de duna na área de estudo.

A figura a seguir ilustra graficamente a evolução das áreas dos campos de dunas nas duas simulações efetuadas.

Figura 4.8 – Evolução dos campos de dunas com e sem alimentação.



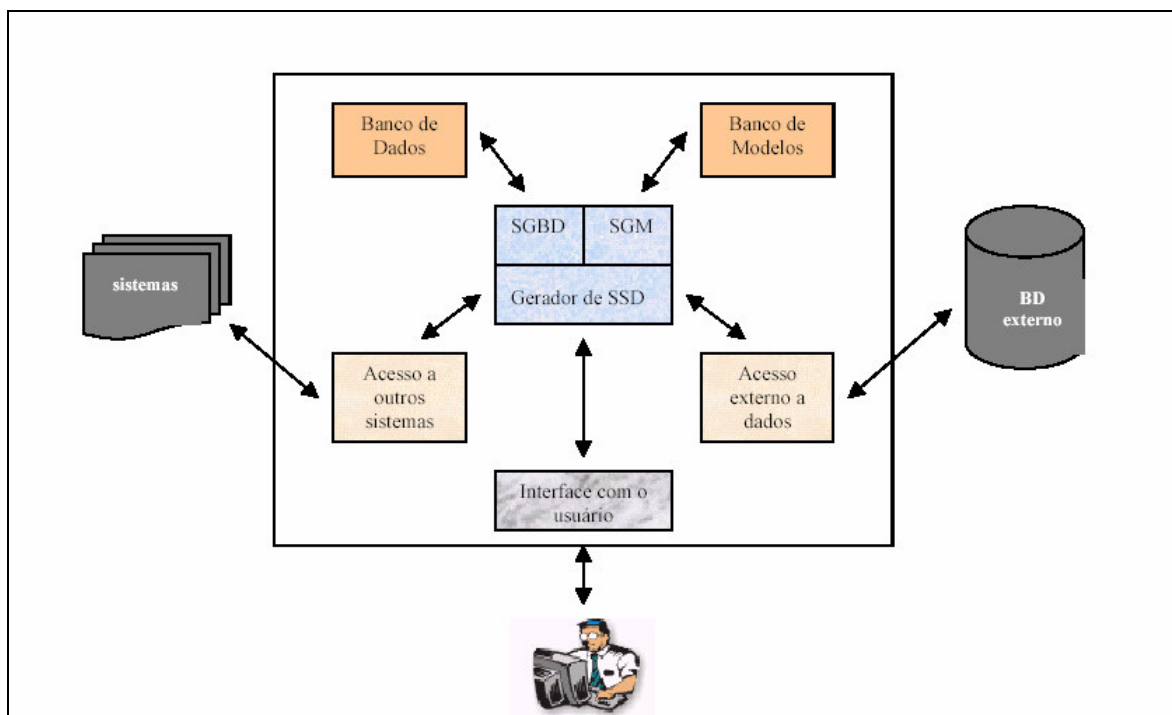
A análise dos valores apresentados na redução dos campos de dunas nas duas simulações efetuadas permite que se façam algumas considerações quanto a sua dinâmica. A tendência de redução nas suas áreas é uma realidade que é consequência direta da ocupação urbana da linha da costa. É fato notório que essa ocupação tende a se intensificar ao longo do tempo, o que é flagrantemente corroborado quando se avaliam os valores referentes à evolução das áreas urbanas no período considerado neste estudo. Assim sendo, adquire especial relevância a área de alimentação remanescente, um polígono de 1472,83 ha dos quais cerca de 1000 ha podem ser considerados campos de dunas *stricto sensu*. Essa área corresponde, nos dias atuais, a 25,40% dos campos de dunas mapeados. Caso seja possível manter essa área de alimentação intocada, ao final do período avaliado na simulação, esse campo de

dunas passaria a responder por 65,36% do total, como pode ser visualizado no último diagrama da figura 4.7. Considerando-se um horizonte temporal mais dilatado do que o ora avaliado, a manutenção da área de alimentação atual terminaria por representar o único campo de dunas remanescente, no momento em que as demais áreas se extinguissem pela total ausência de alimentação dos campos de dunas.

## CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS DA SÍNTESE

A Figura 4.9 apresenta um esquema conceitual de um sistema de assessoramento à tomada de decisões apoiado em geoprocessamento. O objetivo desses sistemas é buscar a automatização e a racionalização dos processos de tomada de decisões (Naliato & Passos, 2000). Nesse processo, todo o desenho do sistema, incluindo tanto os bancos de dados como os modelos a serem utilizados, são definidos de acordo com a decisão que se tem de tomar.

Figura 4.9 - Modelo conceitual de um sistema de suporte à tomada de decisões. Onde SGDB é sistema de gerenciamento de banco de dados, SGM é sistema gerenciador de modelos e SSD é sistema de suporte a decisões.



Fonte: Naliato & Passos (2000).

Outro aspecto a ser considerado é a disponibilidade de informações. Para o tomador de decisões, a organização da informação disponível, mesmo que não seja precisa do ponto de vista científico e acadêmico, mas que reduza a incerteza na tomada de decisões é o ponto principal do desenho da metodologia.

Sendo assim, em um ambiente com carência de informações, qualquer informação, desde que bem dimensionada quanto aos seus limites indicadores, permite uma melhor avaliação do problema.

Neste trabalho, foi efetuada uma avaliação de variáveis e processos mapeáveis na escala do mapeamento efetuado com base nas imagens de satélite.

Entre os processos e variáveis estão:

- Presença de alimentação praial;
- Comprimento do campo de dunas na direção do vento predominante;
- Distância a barlavento das zonas urbanizadas (relacionado à longevidade das dunas);
- Presença de áreas vegetadas e lagos temporários;
- Cenário tendencial de crescimento da zona urbana;
- Cenário tendencial de extinção dos campos de dunas;
- Preservação de habitats de aves costeiras;
- Preservação de habitats de espécies vulneráveis;
- Distância de áreas antrópicas (relacionada à qualidade da área como refúgio);
- Áreas de restrições legais (por exemplo, áreas de preservação permanente de lagos).

Cada um desses temas foi representado em uma variável mapeável na escala compatível com o mapa de cobertura e uso dos solos. Cada variável foi avaliada em escala padronizada conforme a variável fosse booleana (sim/não) ou contínua (valor entre 0 e 255, em escala de bytes).

Para aquelas áreas que apresentam critérios classificáveis como restrições, utilizou-se uma abordagem booleana. Para aquelas em que se admite usos, mas que apresentam um contínuo de fragilidades, adotou-se a abordagem contínua. Os mapas booleanos são chamados de restrições. Os mapas contínuos são chamados de fatores (Eastman, 1999; Moreira, Câmara & Almeida Filho, 2001).

A avaliação de critérios múltiplos permite combinar de forma linear ponderada os fatores e, ao mesmo tempo, excluir as áreas de restrições absolutas presentes nos mapas booleanos. O produto é um número índice que mostra onde se pode e não se pode usar a área, bem como, para as áreas em que se poderia utilizar, estabelece um ranking de acordo com sua fragilidade.

Como os pesos podem ser variados, com uma mesma base de mapas, podem-se estabelecer cenários diferenciados, os quais podem ser mudados de acordo com o tipo de utilização que está sendo licenciada ou avaliada. Usos diferentes influenciam cada processo de forma diferente, logo os pesos atribuídos às variáveis representativas de cada processo também devem apresentar valores diferentes.

Esses pesos foram propostos para os seguintes usos neste trabalho:

- Expansão urbana (loteamentos);
- Trilhas para trekking;
- Trilhas para veículos fora-de-estrada.

## Capítulo 5. Modelagem e propostas de zoneamento

### *Critérios de modelagem*

Com base nas informações apresentadas nos capítulos anteriores, foram gerados mapas sínteses por assunto. Para os mapas sínteses de fauna e flora foram elaborados mapas de hábitat potencial para as espécies listadas como de interesse especial.

Os habitats potenciais foram obtidos por cruzamento das informações disponíveis na literatura a respeito dos habitats das espécies com o mapa de cobertura e uso do solo obtido a partir da classificação da imagem do satélite Landsat TM 7. Foram gerados **11 mapas** de habitats potenciais de espécies da flora e **32 mapas** para as espécies da fauna. Os arquivos em formato do IDRISI32 estão apresentados no anexo em meio digital. Cada mapa possui a informação da distribuição potencial da espécie, sendo o atributo da área de distribuição a nota respectiva do habitat ponderado pelo status da espécie, conforme a tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Matriz de notas conforme qualidade do habitat e status de conservação da espécie.

| Matriz de valoração dos habitats |                    | Status de conservação da espécie              |                    |                      |                              |
|----------------------------------|--------------------|---|--------------------|----------------------|------------------------------|
|                                  |                    | Criticamente em perigo/<br>endêmicas<br>(1,0) | Em perigo<br>(0,7) | Vulneráveis<br>(0,5) | Raras/<br>sensíveis<br>(0,3) |
| Qualidade do habitat             | Ótimo<br>(1,0)     | 255   | 179                | 128                  | 77                           |
|                                  | Aceitável<br>(0,6) | 153   | 107                | 77                   | 46                           |
|                                  | Mínimo<br>(0,2)    | 51  | 36                 | 26                   | 15                           |

Obs. Pesos entre parênteses e notas em escala de bytes (0-255).

Foram obtidos mapas síntese da flora e da fauna utilizando-se a calculadora de mapas do IDRISI32, com a qual calcularam-se as médias aritméticas dos mapas de fauna e flora.

Os mapas síntese estão apresentados nas figuras 5.1 e 5.2.

Figura 5.1 - Mapa síntese do valor dos habitats potenciais das espécies de interesse especial da flora (escala de bytes: 0-255).

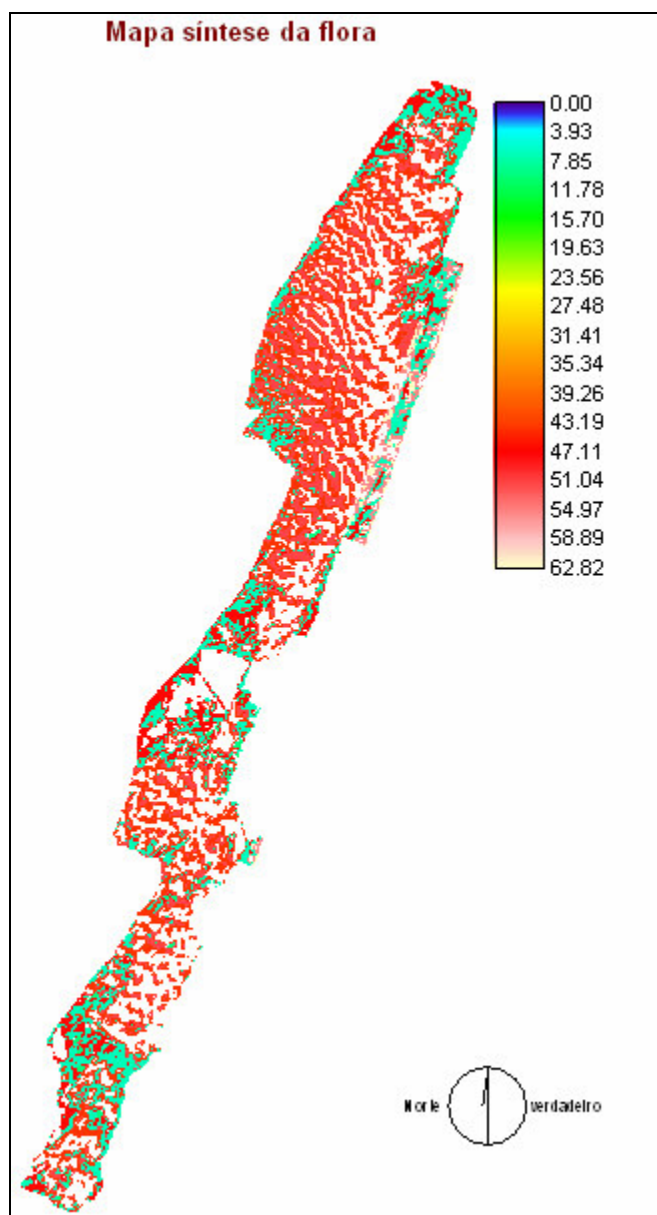
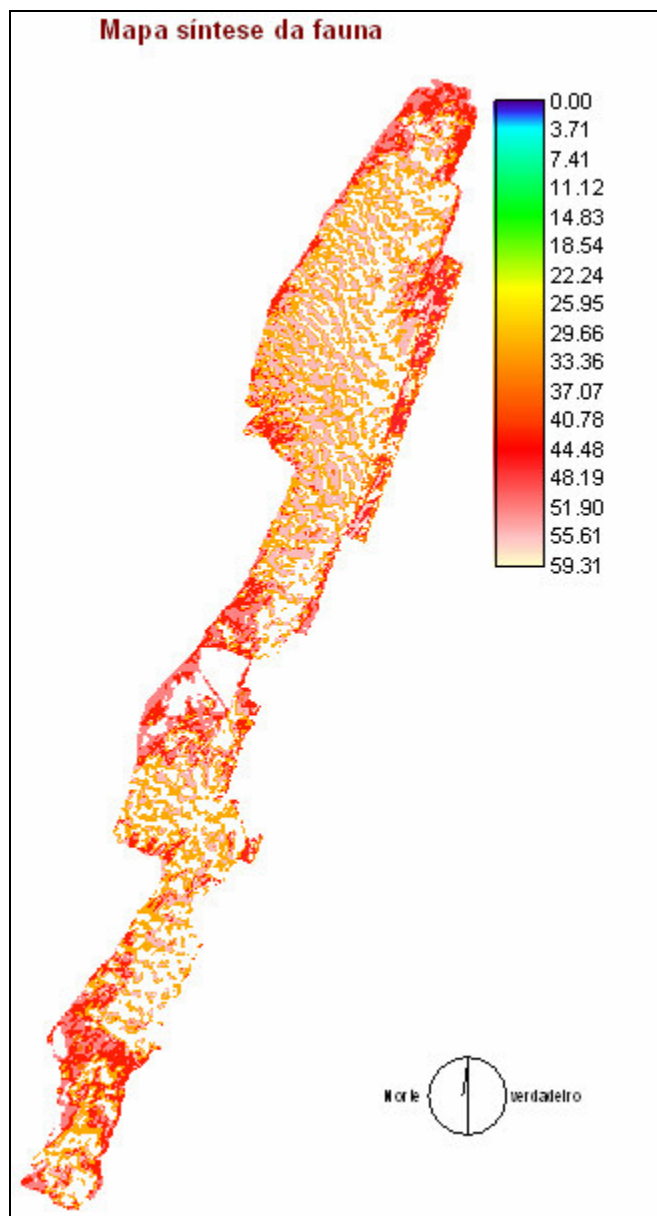


Figura 5.2 - Mapa síntese do valor dos habitats potenciais das espécies de interesse especial da fauna (escala de bytes: 0-255).



Observa-se, na figura 5.1, que os habitats com maior valor potencial para a flora apresentam-se nas faixas de contato com a linha de praia, o que confere um valor conservativo para estas áreas elevado, que vem a se somar com o papel que essas áreas apresentam como áreas de alimentação para os campos de dunas.

As áreas que apresentam maior valor para a fauna encontram-se nas áreas úmidas situadas junto às áreas conectadas com a linha de praia e as áreas de dunas com umidades intermediárias situadas no interior dos campos de dunas propriamente ditos.

A simulação do deslocamento do campo de dunas nas áreas sem alimentação praial resulta em duas interpretações opostas quanto à pontuação das áreas: uma relativa ao critério de longevidade dos campos de dunas e uma relativa à biodiversidade. O primeiro critério estabelece que a porção de campos de dunas remanescentes possui valor mais alto quanto maior a sua permanência. O segundo critério estabelece que quanto maior o tempo de sucessão da área na direção do mosaico dominado por campos arenosos e brejos, que são as feições dominantes nas áreas situadas mais a barlavento, maior a biodiversidade e maior o valor da área em termos de sucessão ecológica. Ou seja, daqui a 100 anos as áreas que estarão mais adiantadas na sucessão serão aquelas que já são campos arenosos e brejos hoje. A tabela 5.2 apresenta as notas atribuídas para os dois critérios, de acordo com o tempo previsto para a extinção local do mosaico de campo de dunas barcanóides, agrupados em faixas de 10 anos.



Tabela 5.2 - Matriz de notas conforme tempo de extinção dos campos de dunas barcanóides, considerada direção de extinção dominada pelos ventos NE e velocidade de 38 m/ano, de acordo com Tomazzeli (op.cit.).

| Faixa temporal de extinção | Nota longevidade | Nota sucessão |
|----------------------------|------------------|---------------|
| atual                      | 3                | 255           |
| 10 anos                    | 26               | 230           |
| 20 anos                    | 51               | 204           |
| 30 anos                    | 77               | 179           |
| 40 anos                    | 102              | 153           |
| 50 anos                    | 128              | 128           |
| 60 anos                    | 153              | 102           |
| 70 anos                    | 179              | 77            |
| 80 anos                    | 204              | 51            |
| 90 anos                    | 230              | 26            |
| 100 anos                   | 255              | 3             |

As figuras 5.3 e 5.4 apresentam, respectivamente, os mapas de notas dos critérios de longevidade e sucessão ecológica.

Figura 5.3 - Mapa de notas da longevidade de campos de dunas barcanóides em 100 anos (escala de bytes: 0-255).

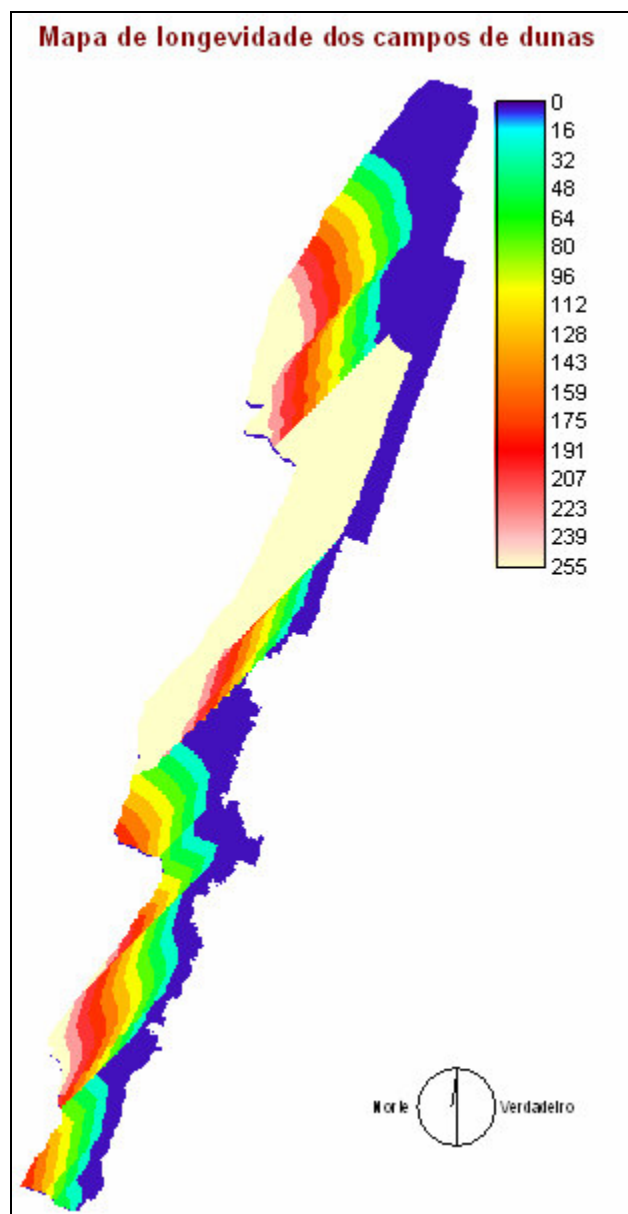
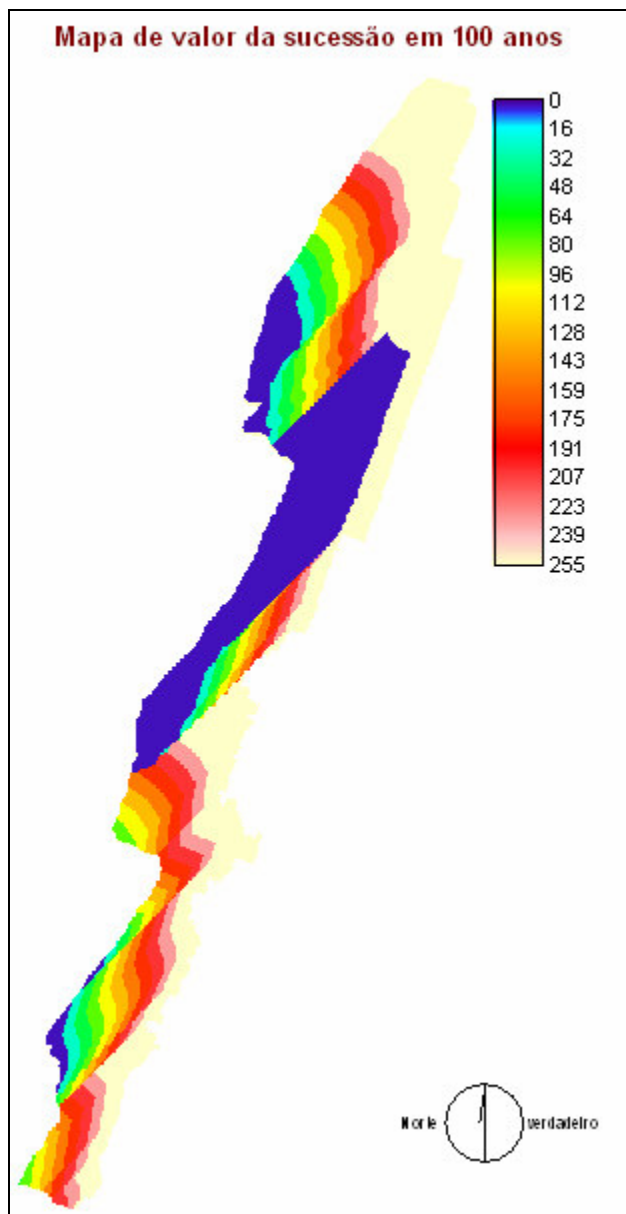


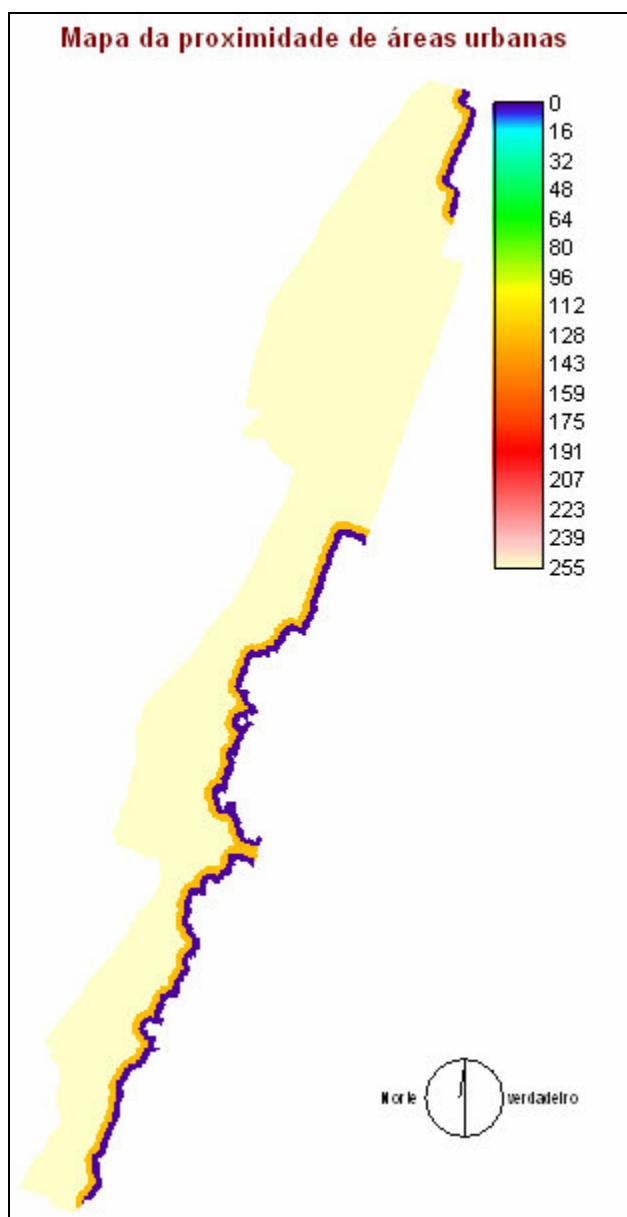
Figura 5.4 - Mapa de notas da sucessão ecológica de campos de dunas barcanóides em 100 anos (escala de bytes: 0-255).



Outro critério avaliado é a proximidade de áreas urbanas. Nesse caso, as áreas próximas dos perímetros urbanizados estão sujeitas a uma maior pressão antrópica, com deposição de lixo, maior densidade de predadores domésticos, como cães e gatos, invasão de dunas por casas em condições precárias e por loteamentos clandestinos, trânsito de veículos e pisoteio por animais de tração e veículos fora de estrada. Para atender a esse critério, estabeleceu-se uma zona tampão de 300 metros no entorno das áreas urbanas. Dentro dessa faixa, o grau

de restrição é inversamente proporcional à distância. Foi definida uma faixa até 150 metros, mais próxima da área urbana, que recebeu nota mínima e os restantes 150 metros receberam metade da nota. As áreas situadas fora do tampão apresentam nota máxima para esse critério. A figura 5.5 apresenta graficamente este critério.

Figura 5.5 - Mapa de proximidade da zona urbana anos (escala de bytes: 0-255).



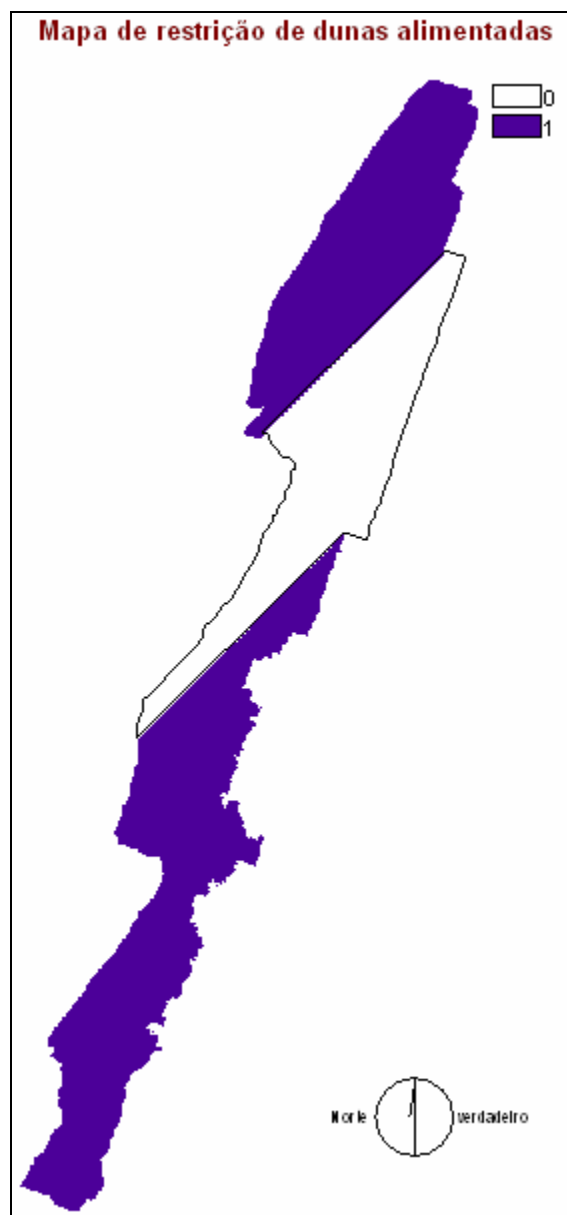
Os mapas até aqui apresentados representam, na linguagem do módulo de análise de multicritérios (MCE) do IDRISI32 os fatores, ou seja, mapas que representam geocampos,

entidades que representam variáveis contínuas. A função dos fatores é hierarquizar os locais de acordo com os critérios estabelecidos.

Os mapas a seguir representam critérios do tipo “sim e não”, “pode ou não pode”, que são representados por mapas que somente possuem valores 1 e zero. Esses mapas são também chamados de booleanos. Quando se multiplica qualquer mapa booleano por outro, este transforma os atributos das células que se sobrepõem às células com valor zero neste valor. Já as células que se sobrepõem às células com valor 1 não mudam de atributo. Funcionam como um molde de recorte, excluindo da análise tudo que se sobrepõe aos valores zero.

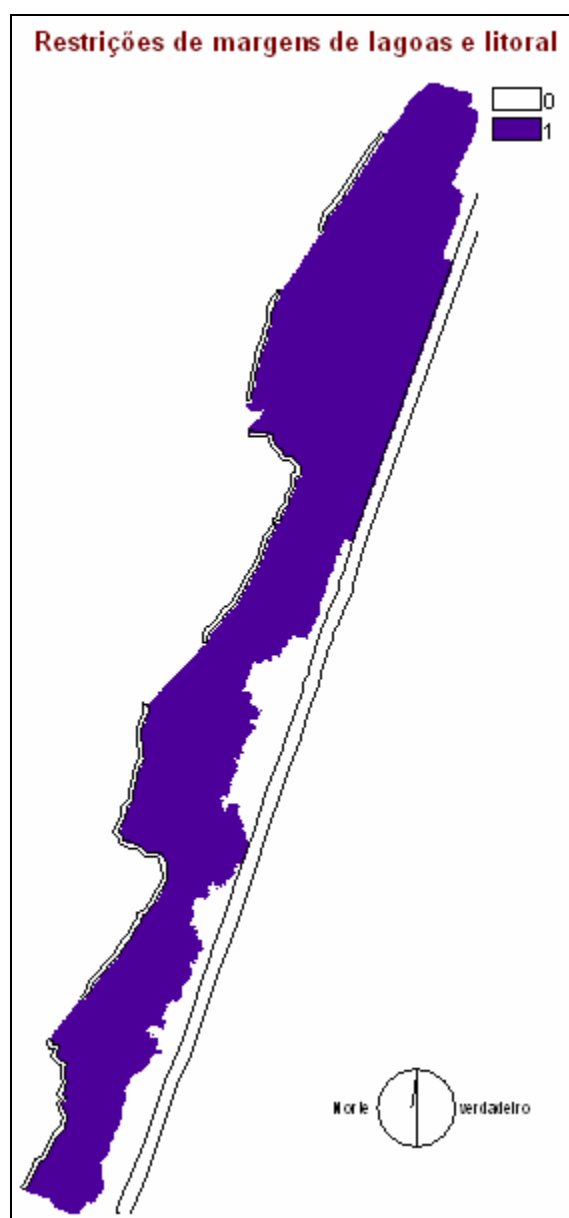
As áreas alimentadas e não alimentadas definem mapas booleanos para fins de zoneamento. Considera-se que as áreas atualmente alimentadas devem ser preservadas. A figura 5.6 apresenta o mapa de restrição de áreas alimentadas. Nesse caso, essas áreas apresentam valor zero e as não alimentadas valor 1.

Figura 5.6 - Mapa de restrições de áreas alimentadas.



Outro critério de restrição é representado pelo conjunto de áreas de preservação, como a faixa de 100 metros ao longo das margens das lagoas costeiras e a faixa de 300 metros da linha de praia. Esse critério está representado na figura 5.7. Nesse mapa, as áreas de restrição possuem valor 0 e as áreas não restritas valor 1.

Figura 5.7 - Mapa de restrições de áreas de proteção de margens de lagoas costeiras e linha de praia.



### ***Fragilidade para loteamentos***

Os mapas de fatores e restrições booleanas podem ser combinados de muitas maneiras para gerar uma avaliação de critérios múltiplos. Nas análises de fragilidade se diz que se um ambiente é frágil, não é frágil em abstrato, mas frágil perante algum agente de estresse. Cada agente de estresse atua sobre as variáveis indicadas pelos critérios adotados de maneiras diversas.

No caso dos loteamentos serão gerados três cenários. Um será elaborado considerando-se um critério mais conservativo, outro normal e outro permissivo. Este jogo de manejo de incertezas é realizado através do módulo MCE, utilizando-se a opção de média ordenada ponderada. Nesse procedimento pode-se modificar o peso dos valores dos postos de ordenação. Desse modo, se é objetivo gerar um modelo mais restritivo, então aumenta-se o peso dos valores com valores altos de ordenação. Neste caso, o modelo seleciona a opção melhor ordenada para a célula. Se o desejo é um modelo mais permissivo, desviam-se os pesos na direção dos pior ordenados. Assim, o modelo selecionará o valor com menor posto de ordenação. Pesos iguais resultam em uma solução média. Este ordenamento deve-se ao fato de que a saída do modelo é a fragilidade. Quanto maior o valor de uma célula, mais restritiva é a sua fragilidade.

Para fins de classificação das fragilidades foram determinadas quatro classes, conforme os valores de saída dos modelos, conforme apresentado na tabela 5.3.

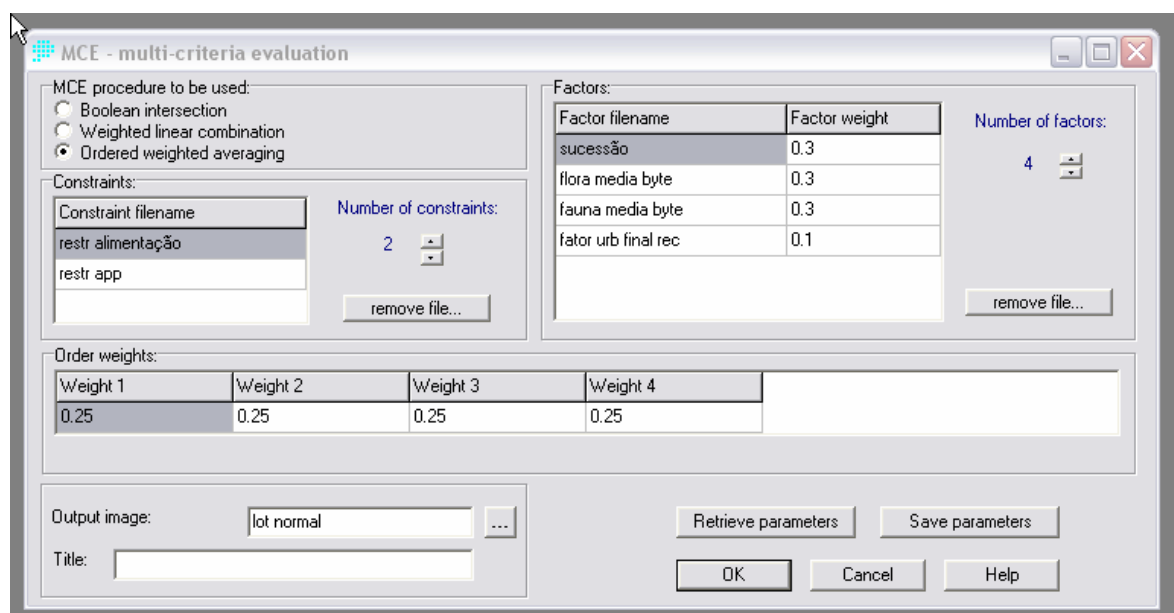


Tabela 5.3 - Classes de fragilidade de acordo com a nota dos modelos de avaliação de critérios múltiplos.

| CLASSE DE FRAGILIDADE | INTERVALO DE VALORES |
|-----------------------|----------------------|
| baixa                 | 1 - 61               |
| média                 | 62 - 126             |
| alta                  | 127 - 190            |
| muito alta            | 191 - 255            |

A figura 5.8 apresenta a tela de diálogo do módulo MCE, do IDRISI32, para o cenário normal para fragilidade de loteamentos.

Figura 5.8. Tela de diálogo do módulo MCE, do IDRISI32, para o cenário normal para fragilidade para loteamentos.

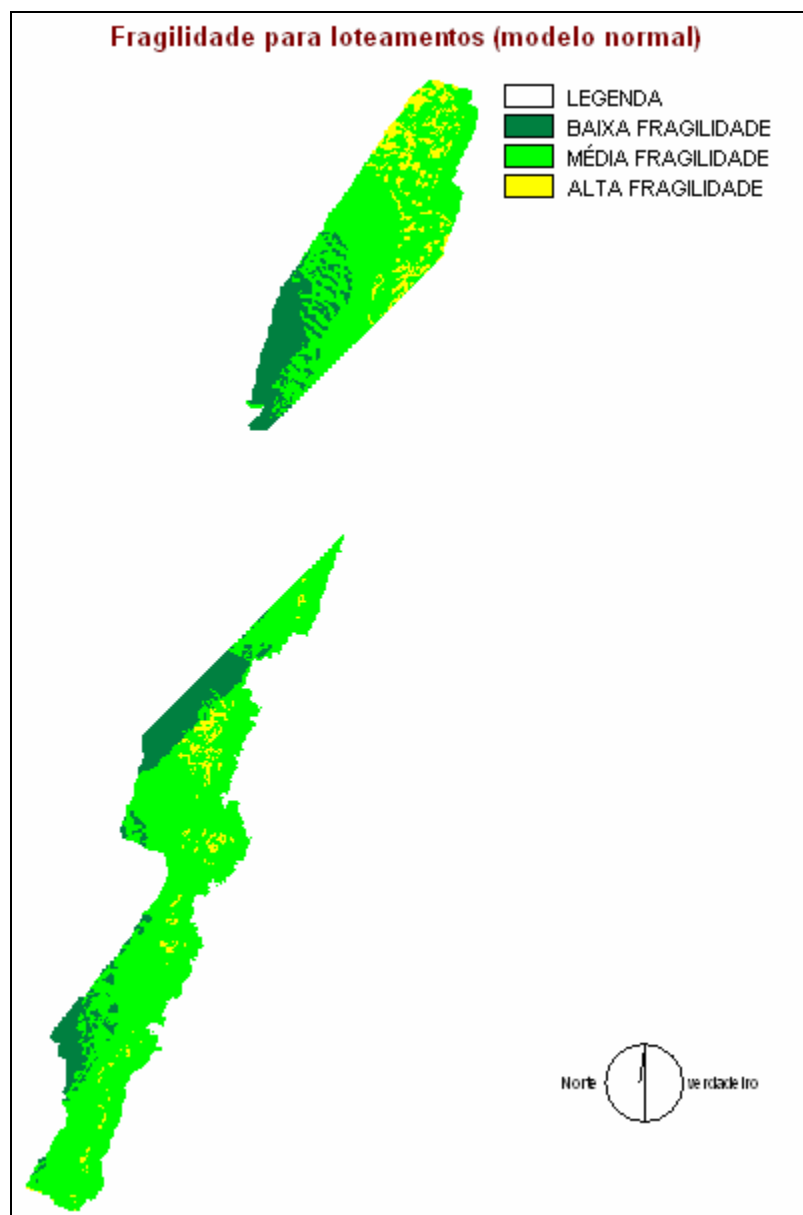


Os dois mapas de restrições referem-se às áreas que permanecem sob alimentação praial e as áreas de preservação de margens de lagoas e litoral. Os mapas de fatores expressam o valor da sucessão em 100 anos, o valor conservativo do hábitat para espécies de interesse especial da fauna e da flora e o fator de perturbação resultante da proximidade de áreas

urbanas. Os pesos de ordenamento iguais resultam em uma saída média, não enviesada nem para o lado dos postos melhor ordenados, nem o contrário.

A figura 5.9 apresenta o mapa, já classificado, com o resultado deste esquema de pesos.

Figura 5.9. Cenário normal para fragilidade para loteamentos.



Através desse procedimento, elaboraram-se outros dois cenários. Um mais conservativo e outro mais permissivo. A tabela 5.4 apresenta os esquemas de pesos dos três cenários. Os mapas de restrições foram os mesmos para todos os três cenários.

Tabela 5.4 - Esquemas de ponderação para geração dos três cenários para análise de fragilidade para loteamentos.

|                           | <b>Fator</b>  | <b>Peso</b>                 |                       |                           |
|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                           |   | <i>Cenário conservativo</i> | <i>Cenário normal</i> | <i>Cenário permissivo</i> |
| <b>Fatores</b>            | <i>Sucessão em 100 anos</i>                                 | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Valor do hábitat para flora especial</i>                 | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Valor do hábitat para fauna especial</i>                 | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Fator de perturbação de proximidade de áreas urbanas</i> | 0,1                         | 0,1                   | 0,1                       |
| <b>Pesos de ordenação</b> | <i>Peso 1</i>   | 0,1                         | 0,25                  | 0,4                       |
|                           | <i>Peso 2</i>   | 0,2                         | 0,25                  | 0,3                       |
|                           | <i>Peso 3</i>   | 0,3                         | 0,25                  | 0,2                       |
|                           | <i>Peso 4</i>   | 0,4                         | 0,25                  | 0,1                       |

As figuras 5.10 e 5.11 apresentam, respectivamente, os mapas classificados que representam os cenários conservativo e permissivo.

Figura 5.10 - Cenário conservativo para fragilidade para loteamentos.

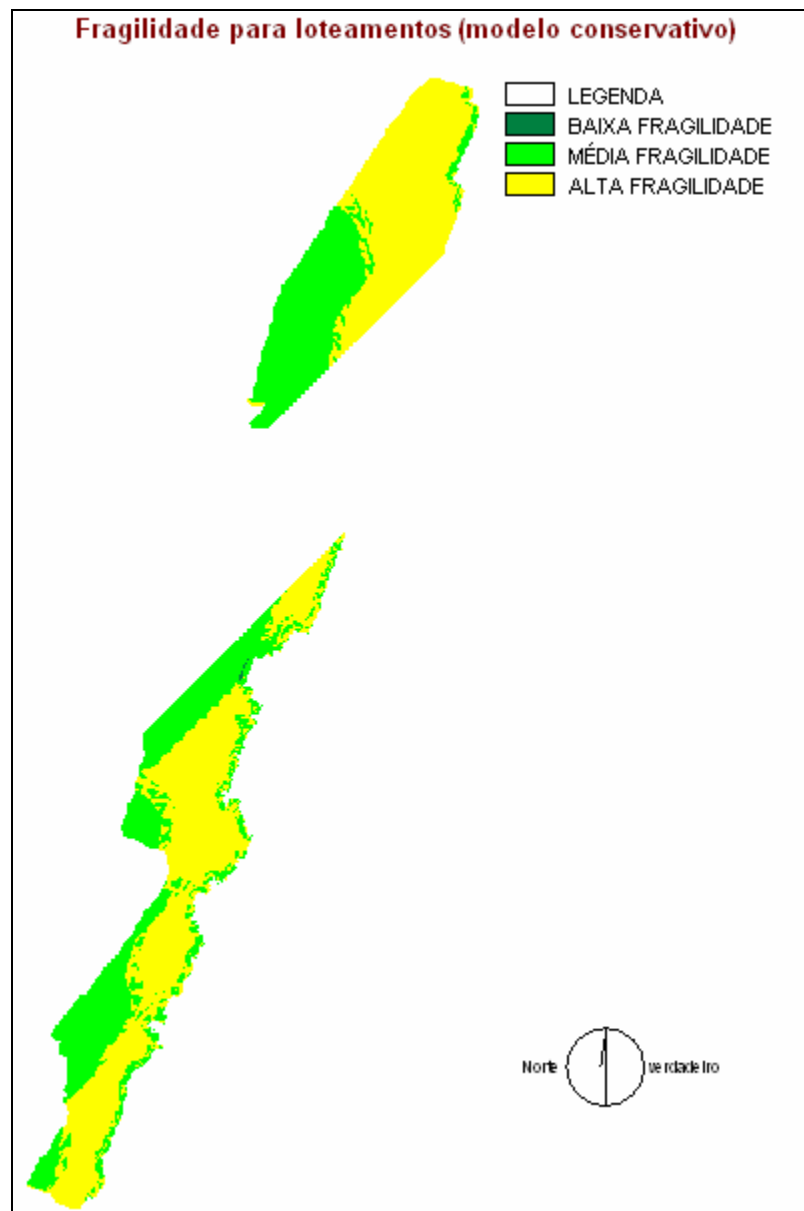
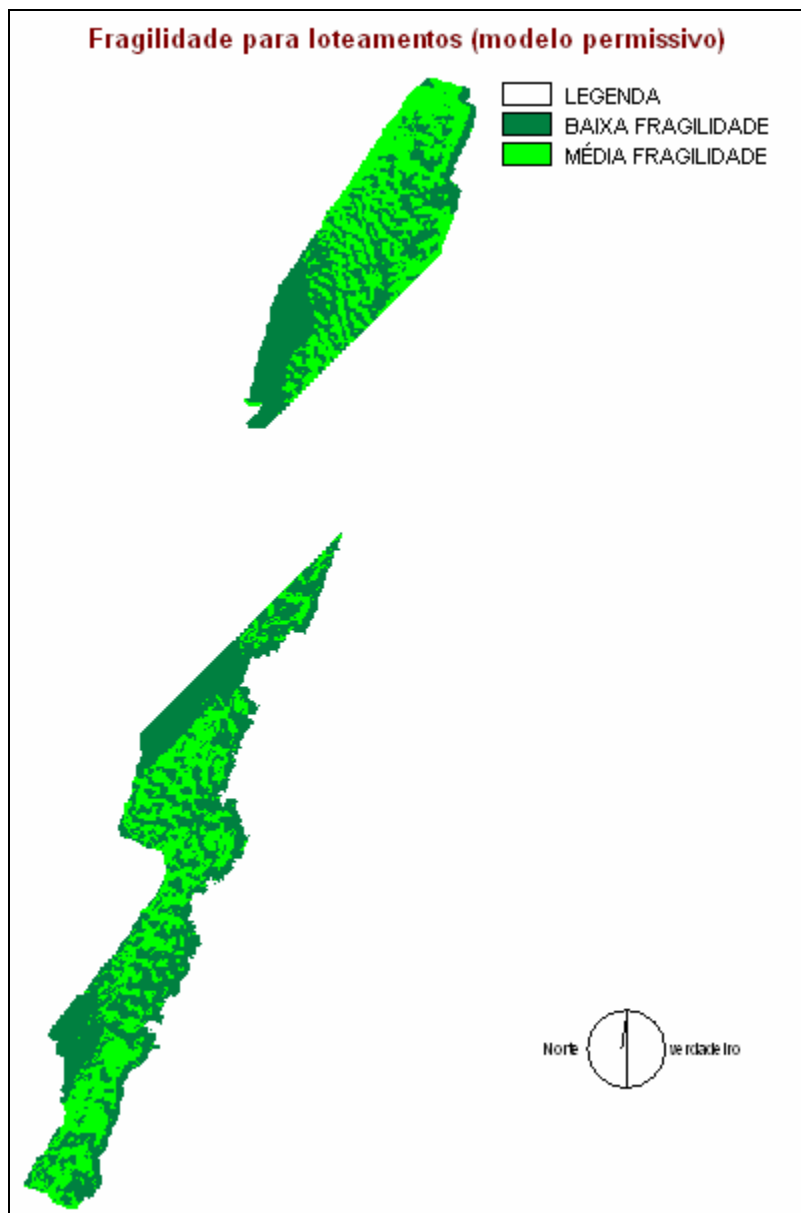


Figura 5.11 - Cenário permissivo para fragilidade para loteamentos.



A opção de adotar um dos três cenários deve levar em conta diversos aspectos da política de licenciamentos do órgão ambiental, que fogem ao escopo deste trabalho. No entanto, a fragilidade da base de dados de fauna e flora, presente tanto em termos de descrições detalhadas de habitats como de distribuição geográfica das espécies, aconselha que se proceda com cautela. Desse modo, a opção pelo modelo conservativo ou, com maior risco, pelo modelo normal, deverá resultar em decisões eticamente mais sustentáveis.

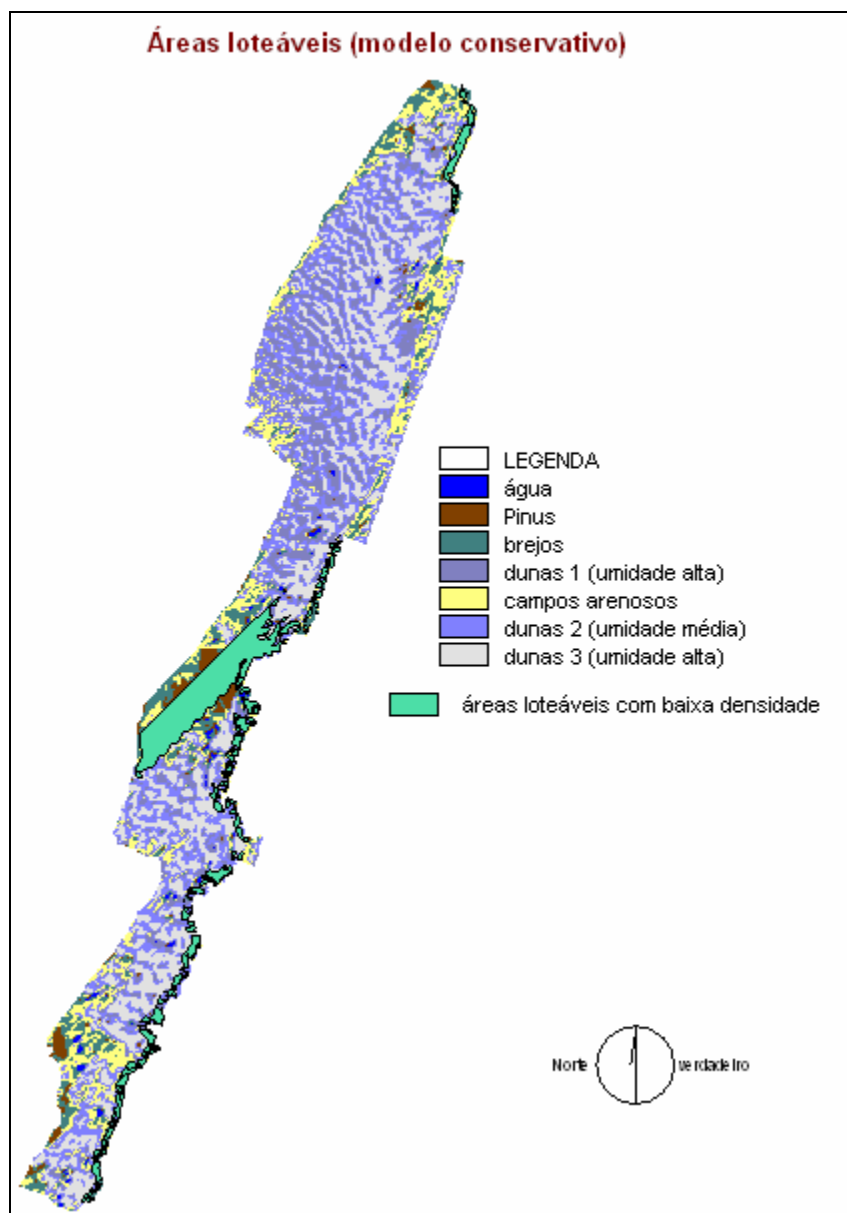
Considerando-se a adoção do modelo conservativo, verifica-se que a maior parte da área é imprópria, classificando-se como de alta fragilidade. Verifica-se que em uma faixa de 150 metros das áreas urbanas, ocorrem áreas com fragilidade média. Nessas áreas recomenda-se que sejam implantadas ocupações extensivas, contínuas, que limitem o acesso para as áreas situadas mais para o interior dos campos de dunas, tais como condomínios fechados, clubes sociais, parques municipais, campings, etc. A continuidade é importante para evitar o acesso para deposição de lixo, tráfego de veículos e construções clandestinas.

Somente uma área de média fragilidade encontra-se conectada com a área urbana atual. Situa-se junto ao limite sul da faixa de área alimentada. A parcela próxima da área urbana atual poderia ser utilizada com usos mais intensivos e com médio índice construtivo, uma vez que hoje o uso dominante é plantações monoculturais de *Pinus*. As demais áreas concentram-se ao oeste e sua ocupação pode causar o isolamento de áreas remanescentes. Essas áreas de *Pinus* estão se expandindo sobre as áreas de campos arenosos situadas a oeste da área, configurando um processo de poluição biológica de deve ser contido, uma vez que pode alcançar as áreas alimentadas que se propõe que sejam transformadas em Unidade de Conservação.

As áreas restantes não são recomendadas para loteamentos.

A figura 5.12 apresenta o resultado da análise para o cenário conservativo.

Figura 5.12 - Áreas loteáveis de acordo com o modelo conservativo.



### ***Fragilidade para trekking***

A atividade de trekking causa impactos principalmente por pisoteio e por perturbação presencial do ser humano. O pisoteio provoca danos para a fauna e a flora e provoca perturbação física no sedimento arenoso dos campos de dunas. As áreas favoráveis para a prática de trekking devem se encontrar próximas das áreas urbanas, em função dos acessos e para evitar perturbação de comunidades naturais mais exigentes de afastamento do ser humano. Neste caso, a longevidade das dunas é fator importante, dado o pisoteio.

A tabela 5.5 apresenta os pesos atribuídos na análise de critérios múltiplos para gerar os cenários normal, conservativo e permissivo.

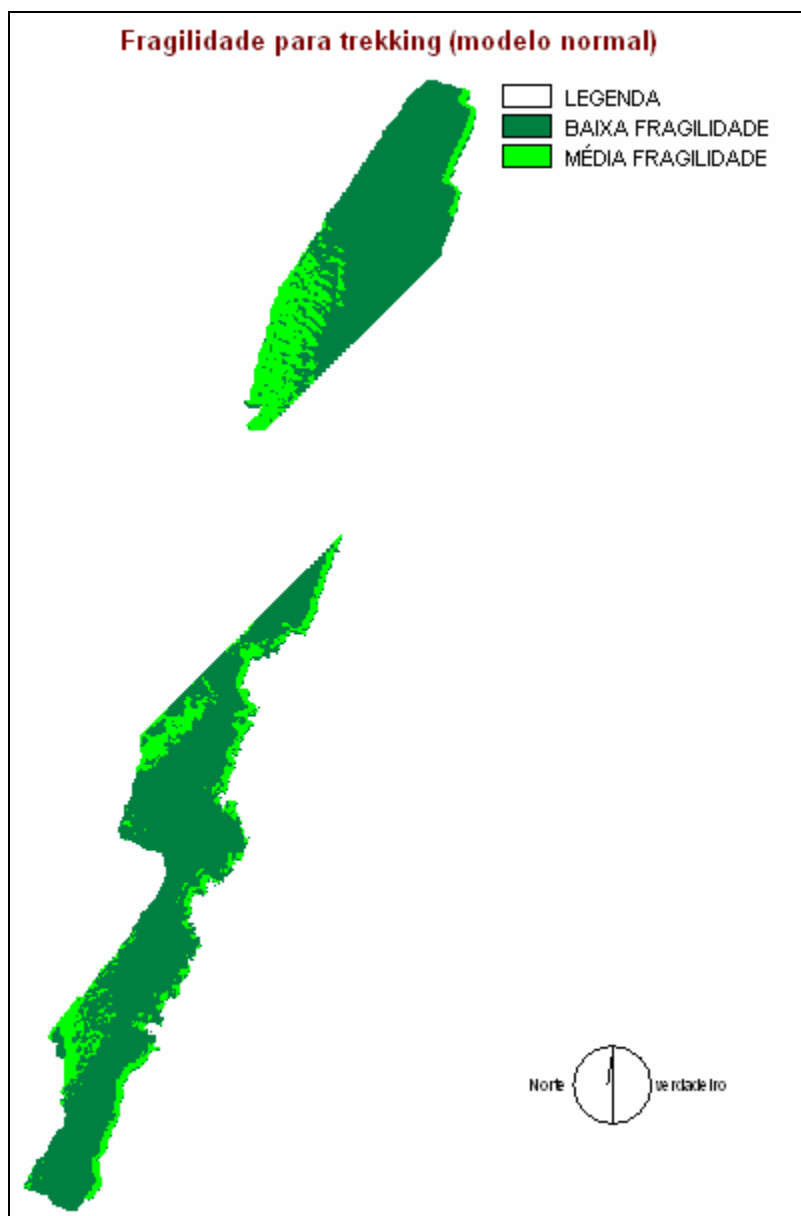
Tabela 5.5 - Esquemas de ponderação para geração dos três cenários para análise de fragilidade para trekking.

|                           | <b>Fator</b>                                | <b>Peso</b>                 |                       |                           |
|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                           |   | <i>Cenário conservativo</i> | <i>Cenário normal</i> | <i>Cenário permissivo</i> |
| <b>Fatores</b>            | <i>Longevidade</i>                          | 0,2                         | 0,2                   | 0,2                       |
|                           | <i>Valor do hábitat para flora especial</i> | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Valor do hábitat para fauna especial</i> | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Proximidade de áreas urbanas</i>         | 0,2                         | 0,2                   | 0,2                       |
| <b>Pesos de ordenação</b> | <i>Peso 1</i>                               | 0,1                         | 0,25                  | 0,4                       |
|                           | <i>Peso 2</i>                               | 0,2                         | 0,25                  | 0,3                       |
|                           | <i>Peso 3</i>                               | 0,3                         | 0,25                  | 0,2                       |
|                           | <i>Peso 4</i>                               | 0,4                         | 0,25                  | 0,1                       |



A figura 5.13 apresenta o resultado da fragilidade para trekking de acordo com o modelo normal.

Figura 5.13 - Cenário normal para trekking.



As figuras 5.14 e 5.15 apresentam, respectivamente, os modelos conservativo e permissivo para a fragilidade para trekking.

Figura 5.14 - Cenário conservativo para trekking.

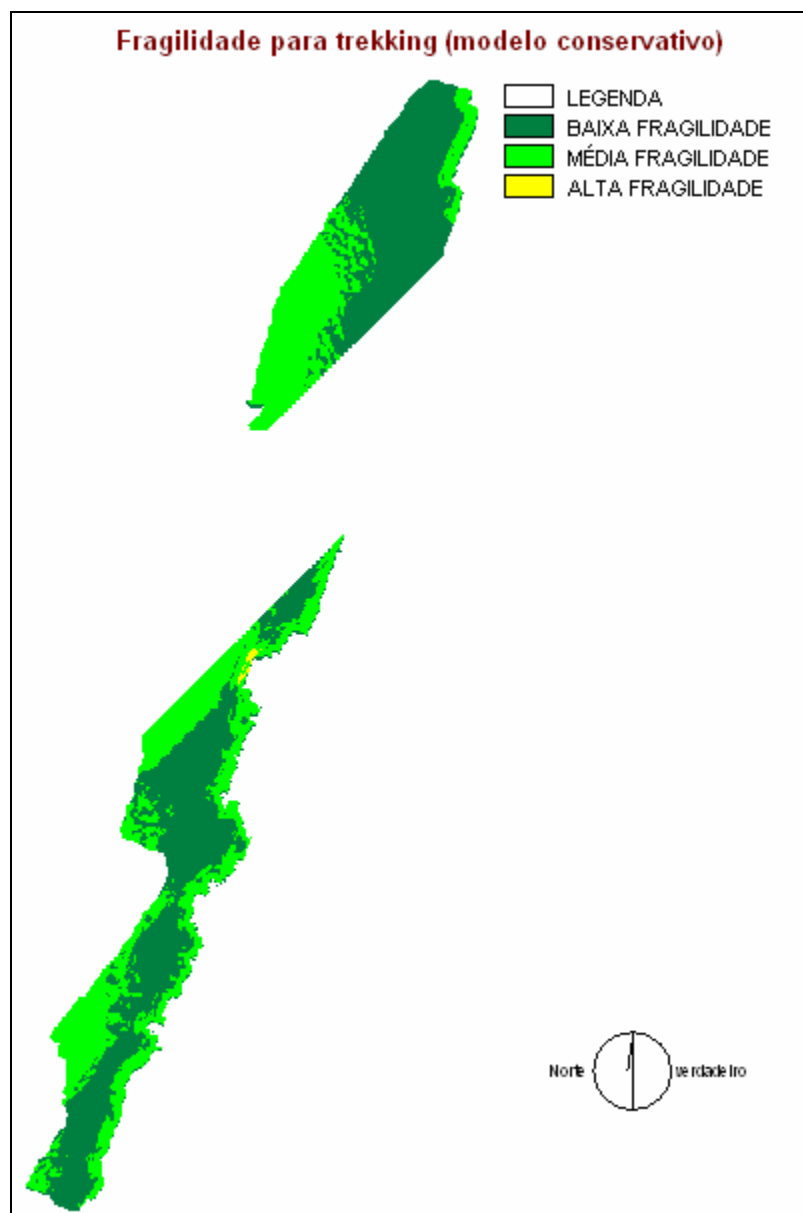
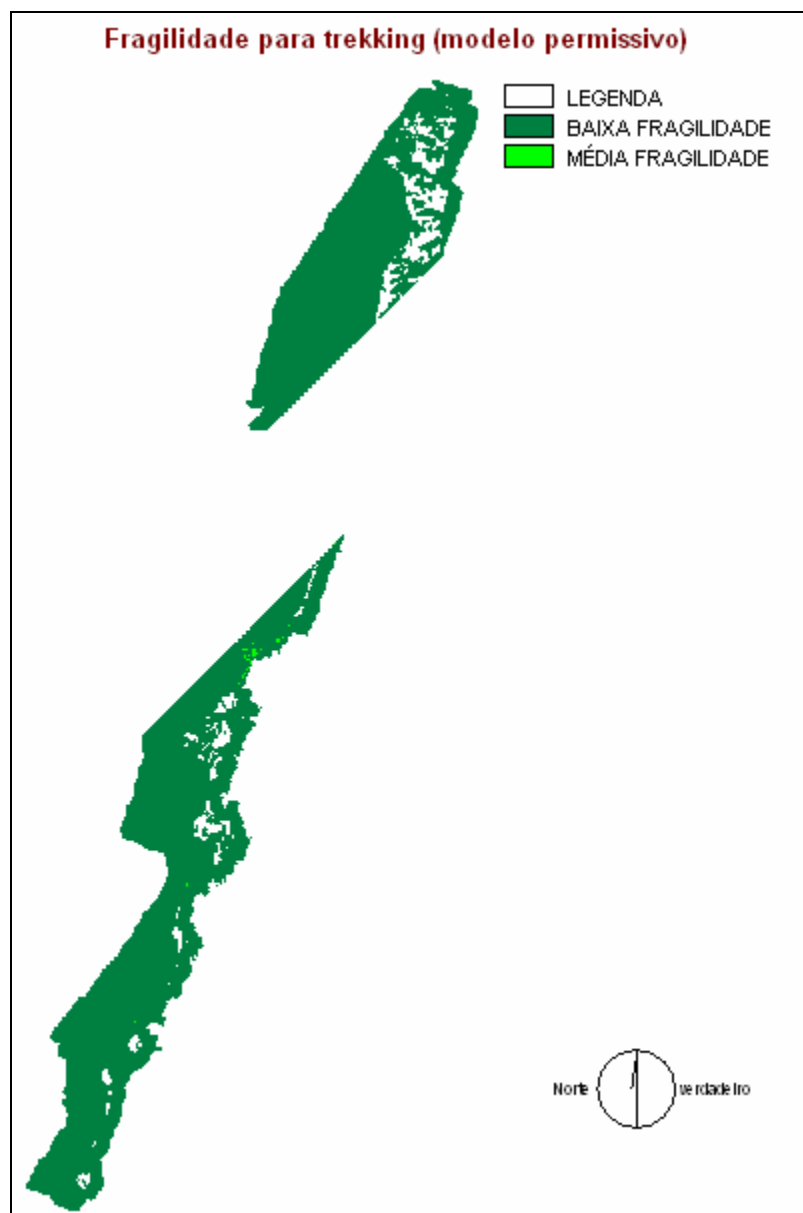


Figura 5.15 - Cenário permissivo para trekking.

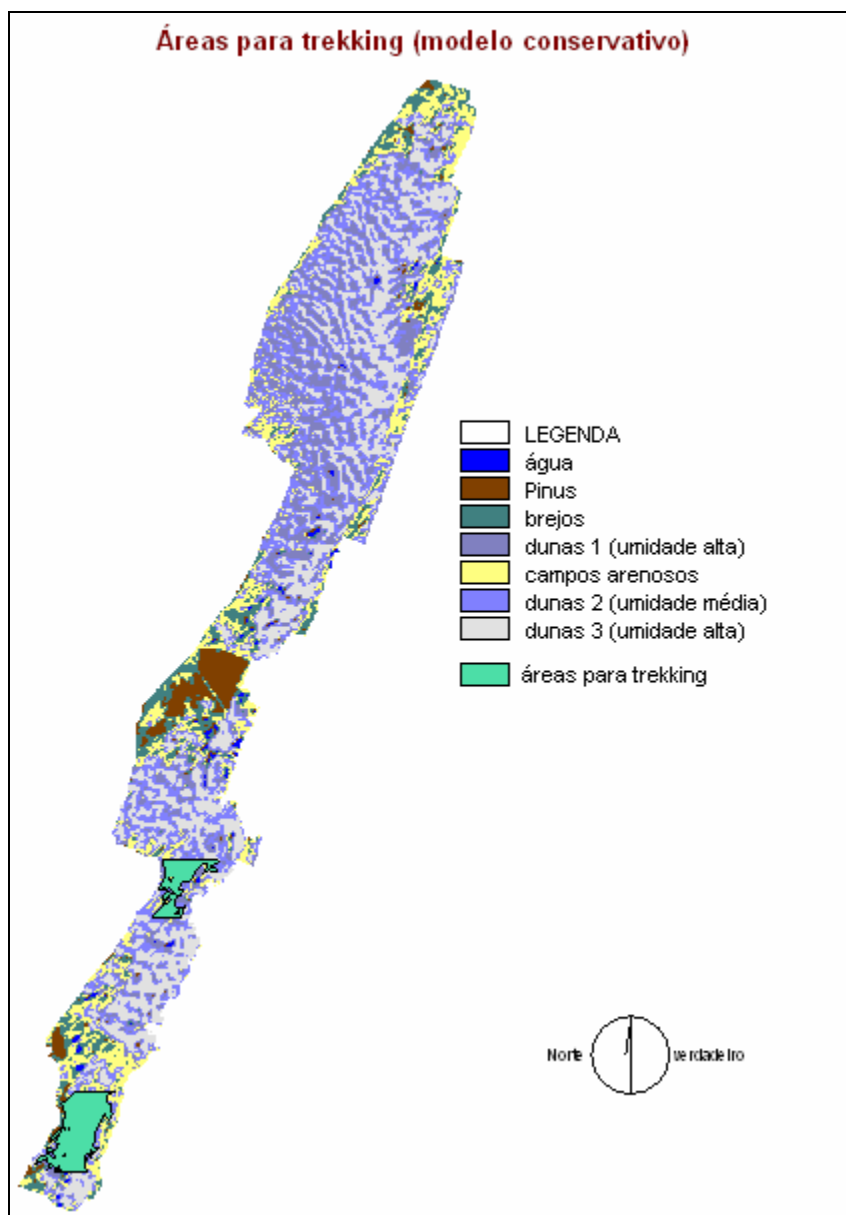


Da mesma forma como postulado para a fragilidade para loteamentos, a base de dados é a mesma. Sendo assim, permanecem válidas as recomendações que remetem para a adoção do modelo conservativo.

Observa-se no modelo conservativo que as melhores áreas para trekking situam-se no interior das áreas. Considerando-se o acesso e a possibilidade de visualizar as lagoas costeiras do alto das dunas, recomenda-se que as trilhas sejam situadas nos dois

estreitamentos dos campos de dunas situados na porção sul. Como o acesso se dá por áreas de média fragilidade, recomenda-se que os acessos sejam delimitados até a área de baixa fragilidade. A figura 5.16 apresenta a proposta de áreas para trekking.

Figura 5.16 - Áreas para trekking de acordo com modelo conservativo.



### ***Fragilidade para fora-de-estrada***

A prática dos esportes com veículos fora-de-estrada resulta em impactos pesados sobre a fauna e a flora, através da compactação do solo e eliminação física, além do ruído. As áreas destinadas para esse esporte devem ser bastante impactadas e de baixa diversidade, devendo se encontrar próximas das áreas urbanas, em função dos acessos e para evitar perturbação de comunidades naturais mais exigentes de afastamento do ser humano. A longevidade das dunas, em função do impacto da compactação e da dinamização dos processos erosivos, é fator importante.

A tabela 5.6 apresenta os pesos atribuídos na análise de critérios múltiplos para gerar os cenários normal, conservativo e permissivo.

Tabela 5.6 - Esquemas de ponderação para geração dos três cenários para análise de fragilidade para fora-de-estrada.

|                           | <b>Fator</b>                                | <b>Peso</b>                 |                       |                           |
|---------------------------|---|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
|                           |   | <i>Cenário conservativo</i> | <i>Cenário normal</i> | <i>Cenário permissivo</i> |
| <b>Fatores</b>            | <i>Longevidade</i>                          | 0,3                         | 0,3                   | 0,3                       |
|                           | <i>Valor do hábitat para flora especial</i> | 0,25                        | 0,25                  | 0,25                      |
|                           | <i>Valor do hábitat para fauna especial</i> | 0,25                        | 0,25                  | 0,25                      |
|                           | <i>Proximidade de áreas urbanas</i>         | 0,2                         | 0,2                   | 0,2                       |
|                           |   |                             |                       |                           |
| <b>Pesos de ordenação</b> | <i>Peso 1</i>                               | 0,1                         | 0,25                  | 0,4                       |
|                           | <i>Peso 2</i>                               | 0,2                         | 0,25                  | 0,3                       |
|                           | <i>Peso 3</i>                               | 0,3                         | 0,25                  | 0,2                       |
|                           | <i>Peso 4</i>                               | 0,4                         | 0,25                  | 0,1                       |

As figuras 5.17, 5.18 e 5.19 apresentam, respectivamente, os cenários normal, conservativo e permissivo para a fragilidade para esportes com veículos fora-de-estrada.

Figura 5.17 - Cenário normal para fora-de-estrada.

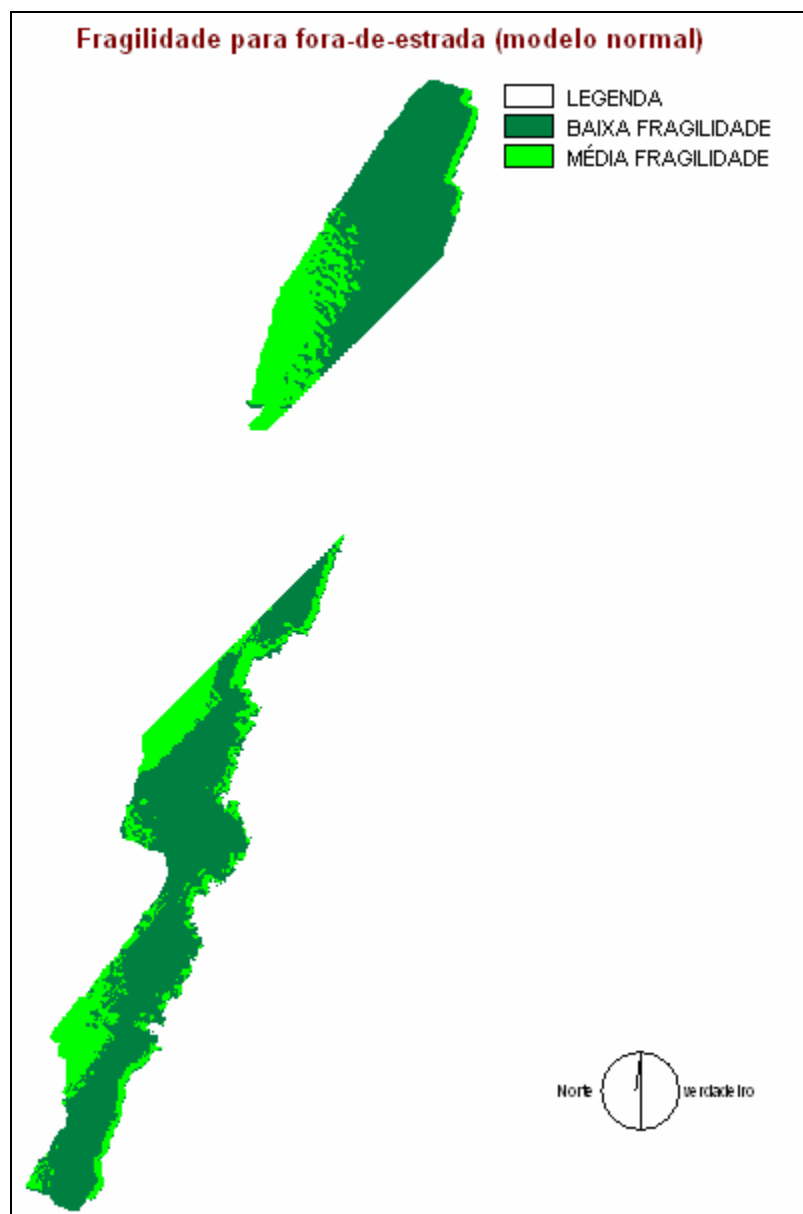


Figura 5.18 - Cenário conservativo para fora-de-estrada.

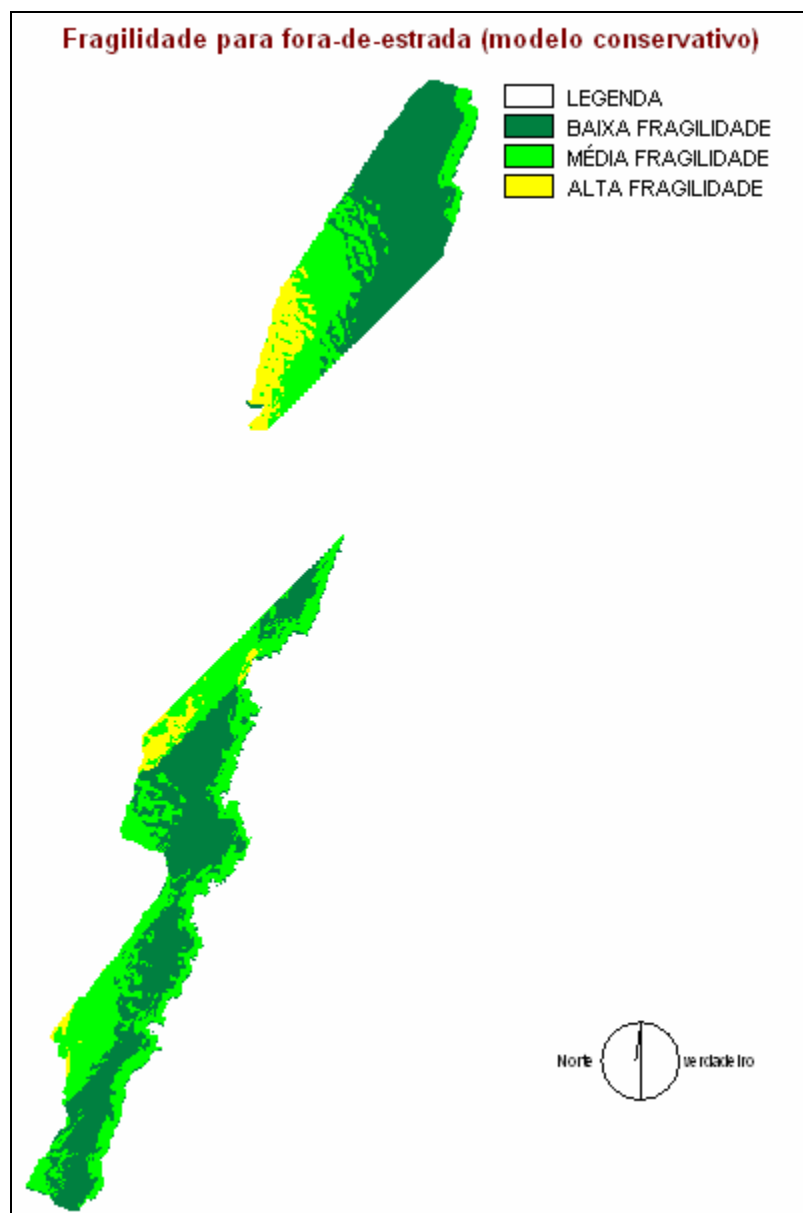
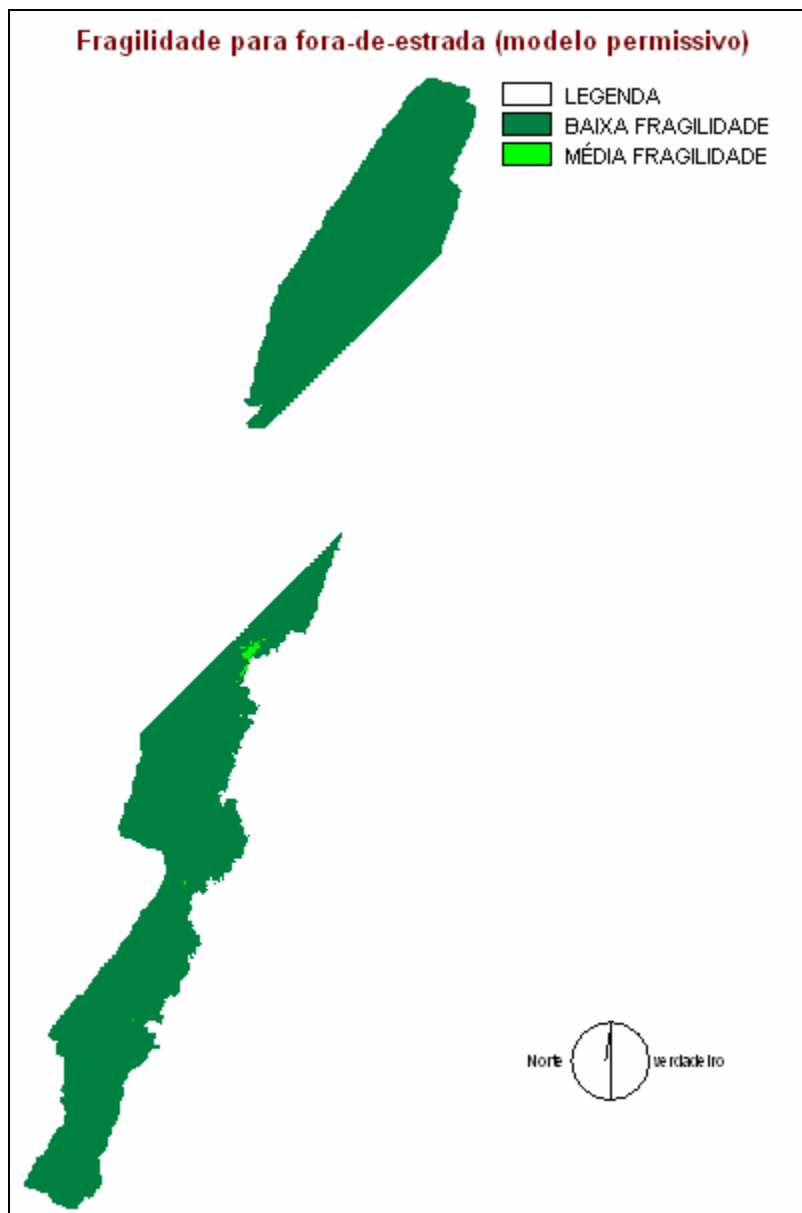


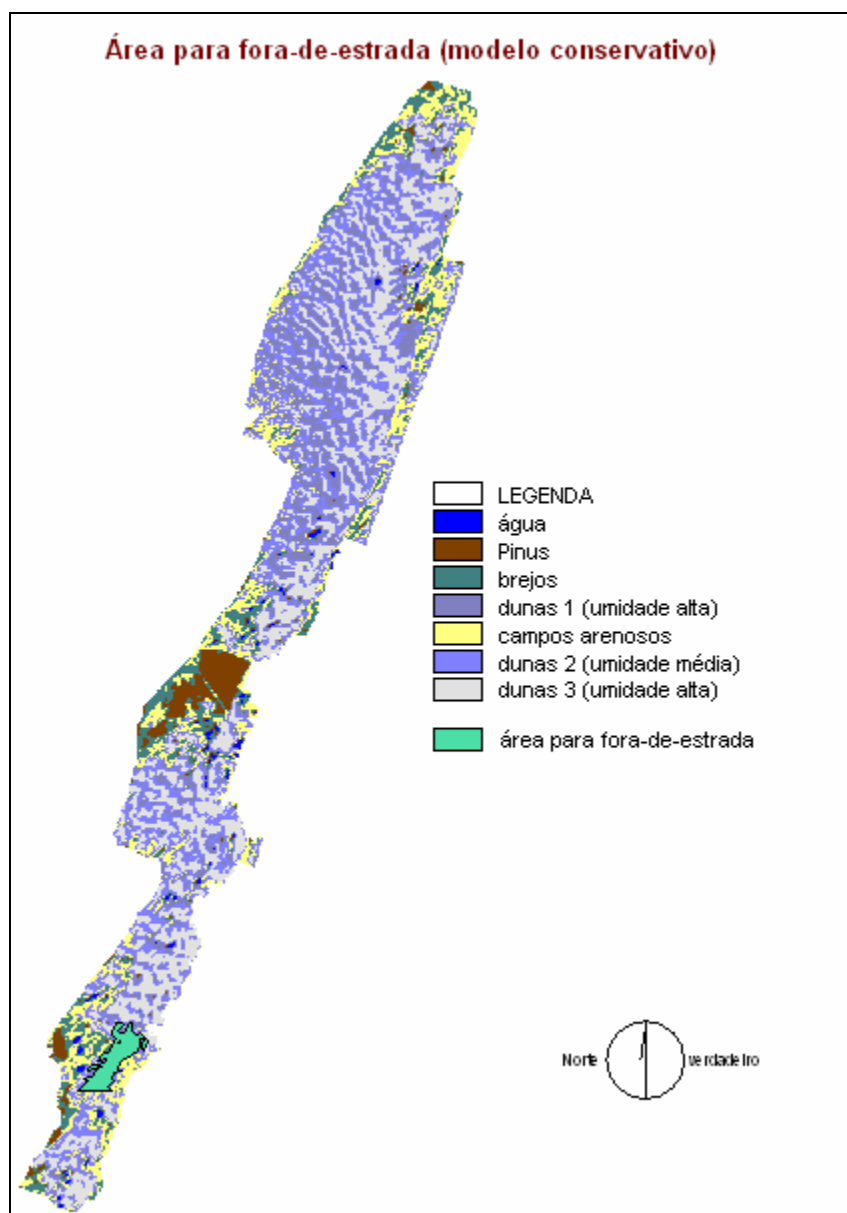
Figura 5.19 - Cenário permissivo para fora-de-estrada.



Pelos mesmos motivos dos itens anteriores, recomenda-se a adoção do modelo conservativo para a tomada de decisões. A Figura 5.20 apresenta a proposta de área para permissão controlada de prática de esportes com veículos fora-de-estrada. A escolha da área levou em conta a preservação das áreas mais íntegras e compactas da porção norte, a porção mais estreita ao sul e a distância das áreas de maior valor (áreas alimentadas).



Figura 5.20 - Área para a prática de esportes com veículos fora-de-estrada.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CORDAZZO, C. V. & SEELIGER, U. 1988. *Guia ilustrado da vegetação costeira no extremo sul do Brasil*. Rio Grande: Ed. FURG. 275p.
- COSTA, W.J.E.M. 2002. *Peixes Anuais Brasileiros: diversidade e conservação*. Curitiba: Ed. da UFPR, 238 p.
- EASTMAN, J. 1999. *IDRISI 32. Tutorial*. Worcester: Clark Labs.
- FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental. 2000. Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte. *Cadernos de Planejamento e Gestão Ambiental*, n.1, Porto Alegre, 96p.
- GIANUCA, N.M. 1998. A Fauna das Dunas Costeiras. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Ed. Ecoscientia, p. 114-116.
- GUADAGNIN, D.L. 1994. *Zonificación del Parque Estadual do Turvo, RS, Brasil, y directivas para el plan de manejo*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba (Diss. Maestria en Manejo de Vida Silvestre, Centro de Zoología Aplicada).
- HASENACK, H. 1989. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. Pesquisas, Instituto de Geociências, Porto Alegre, n.22, pág.53-70.
- IBGE. 1986. *Folhas SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 Lagoa Mirim: Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, V. 33. 776p.
- MAPA/UFSM. 2002. *Sistema de Informações Geográficas. Inventário de Recursos Hídricos e de Possíveis Locais de Barramentos para fins de Irrigação na Parte Norte do Rio Grande do Sul*. Santa Maria: UFSM. Termo de Cooperação MAPA-UFSM No 001/2002 (CD).
- MOREIRA, F.R., CÂMARA, G. & ALMEIDA FILHO, R. 2001. *Técnicas de Suporte a Decisão para Modelagem Geográfica por Álgebra de Mapas*. São José dos Campos:

- INPE, Programa de Ciência e Tecnologia para Gestão de Ecossistemas, Métodos, Modelos e Geoinformação para a Gestão Ambiental, Relatório Técnico. 121 p.
- MUEHE, D. 1998. Capítulo 7: O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação. *IN*: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs.) *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 273-349.
- NALIATO, F.C. & PASSOS, E.P.L. 2000. *Sistema de Suporte à Decisão e suas Áreas de Aplicação. Relatório Técnico No 059/DE9/MAI 00*. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, Departamento de Engenharia de Sistemas, 17 p.
- NAROSKY, T. & YZURIETA, D. 1993. *Guia para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. 4 ed., Buenos Aires: Vasquez Mazzini Eds. 345 p.
- NEMA. 1998. *Projeto Dunas Costeiras*.  
<http://www.octopus.furg.br/nema/dunas/dunas.htm>
- NEODAT. 2003. *The NEODAT II Project: The Inter-Institutional Database of Fish Biodiversity in the Neotropics*. <http://www.neodat.org>
- PFADENHAUER, J. & RAMOS, R. F. 1979. Um complexo da vegetação entre dunas e pântanos próximo a Tramandaí – Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Sér. Bot.*, Porto Alegre, n.25, p.3-16.
- PFADENHAUER, J. 1978. Contribuição ao conhecimento da vegetação e de suas condições de crescimento nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, Rio de Janeiro, v.38, n.4, p.827-836.
- PORTO, M.L., BRACKE, P. & BRUSCHI JR., W. 1992. *Costeiros: Restingas e Dunas Relatório para o Plano de Monitoramento Ambiental da Bacia de Santos. 1ª. Fase: Levantamento de Dados Pretéritos. Sistemas*. Porto Alegre: CENECO/UFRGS, 29 p. (Relatório Técnico. N.Publ.).
- RAMBO, B. 1956. História da flora do litoral rio-grandense. *Sellowia*, n.6, 113-172.
- RIO GRANDE DO SUL. 2003. Decreto nº42.099, de 31 de dezembro de 2002. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul e dá

- outras providências. *Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 1º jan. 2003, v.62, n.1, p.1-6, 2003.
- SEELIGER, U. 1998. A Flora das Dunas Costeiras. *In*: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Ed. Ecoscientia, p. 109-114.
- SEELIGER, U. 1992. Coastal Foredunes of Southern Brazil: Physiography, Habitats and Vegetation. *In*: SEELIGER, U. *Coastal Plant Communities of Latin America*. Academic Press, 392p.
- SEMA. 2003. *Lista das Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção do Rio Grande do Sul*. <http://www.sema.rs.gov.br/sema/html/pdf/especies-ameacadas.pdf>
- SOUZA, D. 1998. *Todas as aves do Brasil: guia de campo para identificação*. Feira de Santana: Editora Dall. 258 p.
- TOMAZELLI, L.J. 2001. *Sistematização dos conhecimentos existentes sobre as dunas móveis do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. Relatório Final*. Porto Alegre: FEPAM, 23 p. (Relatório Técnico. N.Publ.).
- VOOREN, C.M. 1998. Aves marinhas e Costeiras. *In*: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J.P. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Rio Grande: Ed. Ecoscientia, p. 170-176.

Anexo – Lista das espécies de plantas vasculares citadas no texto.

| FAMÍLIA                | Nome científico                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| AMARANTHACEAE          | <i>Blutaparon portulacoides</i>   |
| APIACEAE               | <i>Hydrocotyle bonariensis</i>    |
| ASTERACEAE             | <i>Achyrocline satureoides</i>    |
|                        | <i>Baccharis radians</i>          |
|                        | <i>Conyza pampena</i>             |
|                        | <i>Gamochaeta americana</i>       |
|                        | <i>Senecio crassiflorus</i>       |
| BORAGINACEAE           | <i>Cordia verbenacea</i>          |
| CYPERACEAE             | <i>Androtrichum trigynum</i>      |
|                        | <i>Bulbostylis capillaris</i>     |
|                        | <i>Bulbostylis spp.</i>           |
| CYPERACEAE             | <i>Cyperus spp.</i>               |
|                        | <i>Eleocharis spp.</i>            |
|                        | <i>Kyllinga vaginata</i>          |
|                        | <i>Scleria hirtella</i>           |
| DROSERACEAE            | <i>Drosera brevifolia</i>         |
| ERIOCAULACEAE          | <i>Eriocaulon modestum</i>        |
|                        | <i>Eriocaulon spp.</i>            |
|                        | <i>Paepalanthus spp.</i>          |
| FABACEAE (LEGUMINOSAE) | <i>Sesbania punicea</i>           |
| GUNNERACEAE            | <i>Gunnera herteri</i>            |
| JUNCACEAE              | <i>Juncus acutus</i>              |
|                        | <i>Juncus dichotomus</i>          |
| JUNCAGINACEAE          | <i>Triglochin striata</i>         |
| LENTIBULARIACEAE       | <i>Utricularia spp.</i>           |
| LICOPODIACEAE          | <i>Lycopodiella alopecuroides</i> |
| ONAGRACEAE             | <i>Ludwigia spp.</i>              |
| POACEAE (GRAMINEAE)    | <i>Andropogon selloanus</i>       |

|                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
|                         | <i>Eriochrysis cayennensis</i> |
|                         | <i>Imperata brasiliensis</i>   |
|                         | <i>Ischaemum minus</i>         |
|                         | <i>Luziola peruviana</i>       |
|                         | <i>Panicum gouinii</i>         |
|                         | <i>Panicum racemosum</i>       |
|                         | <i>Paspalum vaginatum</i>      |
| <i>RUBIACEAE</i>        | <i>Hedyotis salsmannii</i>     |
|                         | <i>Spartina ciliata</i>        |
| <i>SCROPHULARIACEAE</i> | <i>Bacopa monnieri</i>         |