

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA, QUÍMICA E  
GEOLOGICA

PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA COSTA DA LAGOA DOS PATOS, PLANÍCIE  
COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

TATIANA S. DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO ROBERTO A. TAGLIANI

RIO GRANDE, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA, QUÍMICA E  
GEOLÓGICA

PLANEJAMENTO AMBIENTAL NA COSTA DA LAGOA DOS PATOS, PLANÍCIE  
COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

TATIANA S. DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO ROBERTO A. TAGLIANI

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Hartmann (FURG)  
Prof. Dr. Carlos Roney A. Tagliani (FURG)  
Prof. Dr. Milton L. Asmus (FURG)  
Prof. Dr. Nina Simone V. M. Fujimoto (UFRGS)  
Prof. Dr. Paulo Roberto A. Tagliani (FURG)

Tese apresentada ao Programa de Pós-  
graduação em Oceanografia Física, Química  
e Geológica como requisito para a obtenção  
do título de Doutora em Oceanografia  
Geológica

RIO GRANDE, AGOSTO DE 2008

*“A preocupação com a humanidade e seu destino deve sempre constituir o principal interesse de todos os desafios técnicos. Nunca esqueça disso em meio às suas equações e diagramas.”*

Albert Einstein

## **AGRADECIMENTOS**

À FURG, pelo ensino gratuito e de qualidade, da graduação ao doutorado.

À CAPES e ao Programa Costa Sul, pelo financiamento do presente trabalho.

Ao Beto, pela orientação e confiança em mim depositada, ao longo desses 12 anos. Obrigada.

Ao LABGERCO e seus integrantes, em especial ao Milton, pelos ensinamentos, pela cooperação e pelo ambiente de trabalho agradável e positivo.

Aos integrantes da banca, pela disposição e pelas contribuições.

À minha família, pelo suporte e respeito às minhas escolhas.

A todos os meus amigos e colegas que de alguma interferiram no caminho que me trouxe até aqui neste momento.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1. DE ESTOCOLMO AO GERCO NO RS E PRÓ-MAR-DE-DENTRO	15
1.2. BACIA HIDROGRÁFICA <i>VERSUS</i> ZONA COSTEIRA: OS IMPACTOS DAS MODIFICAÇÕES DO USO DO TERRITÓRIO SOBRE O AMBIENTE AQUÁTICO	18
1.3. AS FORÇANTES QUE DETERMINAM O PADRÃO DA PAISAGEM E UTILIZAÇÃO DO TERRITÓRIO	20
1.4. A CIÊNCIA NO ENTENDIMENTO DA DINÂMICA DO USO DO TERRITÓRIO: A ECOLOGIA DA PAISAGEM E O ORDENAMENTO TERRITORIAL COM BASE NO SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO	22
1.5. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
1.5. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVAS	26
1.6. OBJETIVOS	28
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>29</b>
2.1. ESTRUTURA DA BASE DE DADOS E FONTES DE INFORMAÇÃO	29
2.2. CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS E ANÁLISES DESENVOLVIDAS	30
2.2.1. VETORIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ANALÓGICAS	30
2.2.2. PROCESSAMENTO DE IMAGENS	30
2.2.2.2 Correções geométricas	33
2.2.2.3 Classificação	33
2.2.2.4. Determinação da acuracidade	36
2.2.3. INTEGRAÇÃO DOS DADOS SOCIAIS, ECONÔMICOS E ESTATÍSTICOS	37
2.2.4. ANÁLISES DE MUDANÇA DO USO DO SOLO E GERAÇÃO DE CENÁRIOS	37
2.3. ZONEAMENTO AMBIENTAL	39
2.3.1. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAL	41
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>47</b>
3.1. A PERSPECTIVA HISTÓRICA DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO NA REGIÃO	47
3.2. QUADRO SOCIOECONÔMICO REGIONAL	51
3.2.1. DEMOGRAFIA	51
3.2.2. CONTABILIDADE SOCIAL	54
3.2.3. ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO	56
3.2.4. PIB E PIB <i>PER CAPITA</i>	58
3.2.5. AGRICULTURA	59
3.2.7. SÍNTESE DO QUADRO SOCIOECONÔMICO REGIONAL	63
3.4. VEGETAÇÃO E USO DO SOLO	66
3.5. ZONEAMENTO AMBIENTAL	71
3.6. MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DO SOLO	74
3.7. PREDIÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DO SOLO	79
3.8. APLICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO GERENCIAMENTO COSTEIRO E SEUS INSTRUMENTOS	84
<b>4. CONCLUSÕES</b>	<b>86</b>
4.1. RECOMENDAÇÕES DE MANEJO	89
4.2. TRABALHOS FUTUROS	90

<b>4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>90</b>
<b><u>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>	<b><u>92</u></b>
<b><u>6. ANEXOS</u></b>	<b><u>98</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. As águas drenadas através do continente têm como destino final a costa, sendo suas condições ambientais determinadas em grande parte pelas atividades humanas exercidas ao longo das bacias hidrográficas. (Fonte: domínio público/ <i>internet</i> ).....	19
Figura 2. As bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul e suas sub-bacias: o entorno da Lagoa dos Patos é formado pelas Bacias do Guaíba e Litorânea. ....	20
Figura 3. Localização da área de estudo. As estrelas na figura à esquerda correspondem às sedes municipais. ....	24
Figura 4. Unidades geomorfológicas da planície costeira do Rio Grande do Sul segundo Long (1989). ....	42
Figura 5. Geomorfologia nos entornos da Lagoa dos Patos – 2000 .....	43
Figura 6. Rendimento da cultura do arroz no Rio Grande do Sul entre 1921 e 2006. ....	50
Figura 7. População rural nos municípios da região entre 1970 e 2000.....	52
Figura 8. População urbana nos municípios da região entre 1970 e 2000.....	53
Figura 9. População total nos municípios da região entre 1970 e 2000.....	53
Figura 10. População rural, urbana e total na região entre 1970 e 2000.....	54
Figura 11. Contribuição da agropecuária no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos nos municípios da região entre 1985 e 2005.....	55
Figura 12. Contribuição da indústria no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos nos municípios da região entre 1985 e 2005.....	55
Figura 13. Contribuição dos serviços no VAB a Preços Básicos entre 1985 e 2005. ....	56
Figura 14. Índice de Desenvolvimento Socioeconômico dos municípios da região em 1991 e 2004. ....	57
Figura 15. IDESE por blocos e geral da região em 1991 e 2004.....	58
Figura 16. Produto Interno Bruto <i>per capita</i> dos municípios da região em 1991 e 2005. ....	59
Figura 17. Agricultura: área plantada das principais culturas da região em 1991. ....	60
Figura 18. Agricultura: área plantada das principais culturas da região em 2001. ....	60
Figura 19. Percentual de área plantada com relação à área total dos municípios da região.....	61

Figura 20. Relação entre o percentual da população rural ocupada na agropecuária e o rendimento médio <i>per capita</i> . .....	62
Figura 21. Alguns dos principais indicadores socioeconômicos da região: (a) população total de 2001 (FEEDADOS); (b) Produto Interno Bruto; (c) Produto Interno Bruto per capita; (d) rendimento médio; (e) Índice de Desenvolvimento Socioeconômico.....	65
Fonte: FEEDADOS 2001, 2004 e 2005, Censo 2000.....	65
Figura 22. Cobertura e uso do solo nos entornos da Lagoa dos Patos – 1987 .....	68
Figura 23. Cobertura e uso do solo nos entornos da Lagoa dos Patos – 2000 .....	69
Figura 24. Proposta de zoneamento ambiental para os entornos da Lagoa dos Patos.....	73
Figura 25. Mudanças líquidas na cobertura e uso do solo na região de estudo entre 1987 e 2000. Valores à esquerda correspondem a perdas e à direita, a ganhos, ambos em km <sup>2</sup> . .....	75
Figura 26. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000, em km <sup>2</sup> . .....	76
Figura 27. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000, em km <sup>2</sup> . .....	76
Figura 28. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000. Valores à esquerda correspondem a perdas e à direita, a ganhos, ambos em km <sup>2</sup> . A seta indica a confusão espectral com “matas e florestas” .....	76
Figura 29. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de desmatamento (polinômio de 4º ordem). Áreas em magenta / vermelho representam aquelas com maior tendência ao desmatamento. ....	78
Figura 30. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de urbanização (polinômio de 4º ordem). Áreas em vermelho / laranja representam aquelas com maior tendência à urbanização. ....	78
Figura 31. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de florestamento (polinômio de 4º ordem). Áreas em magenta / vermelho representam aquelas com maior tendência ao florestamento.....	79
Figura 32. Suscetibilidade a mudanças dos entornos da Lagoa dos Patos.....	81
Figura 33. Suscetibilidade a mudanças das áreas de preservação. ....	82
Figura 34. Suscetibilidade a mudanças das áreas de desenvolvimento.....	83



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estrutura de classificação da cobertura e uso do solo.....	34
Tabela 2. Dados de sensoriamento remoto utilizados no mapeamento da cobertura e uso do solo.....	34
Tabela 3. Resumo das acuracidades do mapeamento de 2000 (matriz de confusão), baseado em imagens Landsat ETM+.....	37
Tabela 4. Classes de cobertura e uso do solo e sua respectiva extensão nos anos de 1987 e 2000.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS

BI – Barreira I  
BII – Barreira II  
BIII – Barreira II  
CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina  
CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
DN – *Digital Number*  
DOS – *Dark Object Subtration*  
ETM+ – *Enhanced Thematic Mapper Plus*  
FEE – Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser  
FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler  
FURG – Universidade Federal de Rio Grande  
GERCO - Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro  
GI-GERCO - Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro  
GIS – *Geographic Information System*  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDESE – Índice de Desenvolvimento Socioeconômico  
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*  
IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz  
JICA - Agência de Cooperação Internacional Japonesa  
KNN – *K-Nearest Neighbor*  
MLP – *Multi-Layer Perceptron*  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*  
PAF - Plano de Ação Federal para a Zona Costeira do Brasil  
PEGC - Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro  
PGZC - Plano de Gestão da Zona Costeira  
PIB – Produto Interno Bruto  
PIF – *Pseudo Invariant Feature*  
PMGC - Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro  
PNGC - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro  
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente  
RMS – *Root Mean Squared*  
RQA-ZC - Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira  
SCP-RS - Secretaria de Coordenação e Planejamento do Rio Grande do Sul  
SEMA - Secretaria Estadual de Meio Ambiente  
SEPLAG – Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SI-GERCO - Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro  
SMA-ZC - Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira  
SRTM - *Suttle Radar Topographic Mission (SRTM)*  
T1 – Terraço 1  
T2 – Terraço 2  
T3 – Terraço 3  
T4 – Terraço 4  
T5 – Terraço 5  
TM – *Thematic Mapper*

UNCED – *United Nations Conference on Environment and Development*  
UN – *United Nations*  
UNCLOS – *United Nations Convention on the Law of the Sea*  
UNEP – *United Nations Environment Programme*  
UTM – *Universal Transversa de Mercator*  
VAB – Valor Adicionado Bruto  
WCED - *World Commission on Environment and Development*  
ZEEC - Zonamento Ecológico-Econômico Costeiro

## RESUMO

A zona costeira do sul do Brasil é caracterizada por uma vasta planície costeira gerada pelas variações do nível do mar do Pleistoceno ao Recente, o que resultou em um importante sistema de lagoas ao longo de toda a sua extensão. A Lagoa dos Patos constitui o mais expressivo desses corpos d'água, compreendendo cerca de 9.800 km<sup>2</sup>. Por sua importância ecológica e socioeconômica, tem sido foco de estudo sistemático por cerca de trinta anos. Entretanto, a consciência da necessidade de pesquisas integradas é relativamente recente. Existe uma lacuna de estudos abrangentes que lidem com a estrutura e dinâmica da paisagem em uma escala espacial e temporal adequada. Também não existe uma base de dados espacializada que possa suprir as demandas do processo de tomada de decisão. O objetivo geral deste trabalho é melhor entender a estrutura e dinâmica recente das paisagens nos entornos da Lagoa dos Patos. Baseado em sensoriamento remoto e geoprocessamento, mapas de uso e cobertura do solo foram gerados para os anos de 1987 e 2000, mudanças foram detectadas e uma quantidade substancial de informações foi digitalizada. Através da análise das paisagens passadas e presentes, bem como do contexto político e socioeconômico no qual tais padrões foram criados, um esquema de zoneamento ambiental é proposto a fim de alcançar uma condição mais sustentável, considerando e respeitando as tendências atuais de mudança e os principais planos / programas de desenvolvimento do governo para o futuro próximo. Os resultados obtidos por esse trabalho podem também se tornar o ponto de partida para estudos mais detalhados, principalmente em escala municipal, onde a escassez de informações e recursos humanos é mais severa. O documento resultante, associado a uma base de dados em SIG, é a convergência da pesquisa realizada no Laboratório de Gerenciamento Costeiro da Universidade Federal do Rio Grande desde 1986, que tem como objetivo subsidiar as políticas públicas no que diz respeito às áreas costeiras e o manejo de bacias hidrográficas na região.

## ABSTRACT

The coastal zone of southern Brazil is characterized by a wide coastal plane generated by sea level variations from Pleistocene to Recent, resulting in a significant lagoonar system all over its extent. Patos Lagoon is the most expressive of such water bodies, comprising about 9.800 km<sup>2</sup>. Because of its ecological, social and economic importance, it has been the focus of systematic studies for about thirty years. However, awareness of the need for integrated research is relatively recent. There is a lack of a comprehensive work dealing with the structure and dynamics of the landscape in an adequate spatial and temporal scale. Neither there is a spatialized database able to supply the demands of the decision making process. The general goal of this work is to better understand the structure and recent dynamics of the landscapes surrounding the Patos Lagoon. Based on remote sensing and geoprocessing, land use and cover maps were generated for the years 1987 and 2000, changes were detected and a substantial amount of information were digitalized. By analyzing the past and present landscapes, as well as the political, social and economic context in which such patterns were created, an environmental zoning scheme is proposed in order to achieve a more sustainable condition, considering and respecting actual trends of change and the main government development plans / programs for the near future. The results reached by this work may also become a starting point for more detailed studies, mainly in municipal scale where the lack of information and human resources is more severe. The resulting document associated to a GIS database is an outcome of the research carried out in the Coastal Management Laboratory of Federal University of Rio Grande since 1986, which aims to support public policies regarding coastal lands and watershed management in the region.

## ***1. Introdução***

---

Há cerca de 30 anos atrás, a comunidade internacional reunida em Estocolmo para a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano soou o alarme sobre os grandes perigos que ameaçavam a Terra e seus recursos. O evento foi um marco que colocou os assuntos ambientais na agenda internacional. Os esforços ambientais internacionais que, até então, eram fragmentados e reativos, tendendo a lidar com problemas e assuntos relativamente restritos (Cicin-Saint & Knecht, 1998), passaram a promover o estabelecimento de ministérios do meio ambiente e leis ambientais em nível nacional e a aumentar a consciência do impacto que cada decisão local pode ter no ambiente global.

Naquela época, entretanto, a realidade mundial era muito diferente da atual: aspectos políticos e tecnológicos a parte, questões ambientais como o aquecimento global e a destruição da camada de ozônio pareciam temas de ficção científica que nunca viriam a se materializar. Como na concretização infeliz de uma profecia, em 2001 o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) anunciou que as evidências das mudanças climáticas devido à ação antropogênica estavam ficando mais fortes, que o aquecimento estava acontecendo mais rapidamente e que as conseqüências seriam mais severas do que anteriormente tinha sido previsto, afirmando “*Existem novas e mais fortes evidências que a maior parte do aquecimento observado nos últimos 50 anos é devido às atividades humanas*”. As mudanças no clima trazem uma série de impactos ao ambiental natural, bem como na sociedade e economia, e potencializam outros tantos impactos já em curso. A importância do meio ambiente tem sido freqüentemente subestimada, apesar do seu valor para a sobrevivência humana e desenvolvimento seja incalculável. Em áreas costeiras e marinhas especificamente, os serviços prestados pelos ecossistemas são diversos e incluem o fornecimento de alimento, a proteção da costa, a manutenção da qualidade da água e de outros sistemas básicos de suporte à vida, o que faz com que os efeitos da degradação e perda desses serviços sejam sentidos também no continente e freqüentemente em grandes distâncias da costa.

A zona costeira tem sido afetada ao redor do globo por diversas forças diretas e indiretas, como as mudanças climáticas, a sobrepesca e o uso de métodos destrutivos de pesca, a invasão de espécies não-nativas, descarga excessiva de nutrientes e outros

tipos de poluição. Em particular, os ambientes costeiros têm sido afetados pelas mudanças no uso do solo e conseqüente perda de habitat, resultando em impactos negativos severos para os ecossistemas e espécies (UNEP, 2006). As modificações num padrão de ocupação do território tendem a ser definidas pelos mercados e políticas locais e nacionais, sendo que as forçantes globais têm se tornado as principais determinantes dessas modificações à medida que amplificam ou atenuam fatores locais (Lambin *et al.*, 2001). Monitorar e mediar as conseqüências negativas das modificações no uso do território e sustentar a produção de recursos essenciais tem, então, se tornado uma prioridade para pesquisadores e tomadores de decisão ao redor do globo (Ellis, 2006).

Nesse cenário onde as alterações humanas alcançaram uma velocidade, magnitude e dimensão (espacial) sem precedentes, as mudanças no uso do território têm recebido atenção especial durante os últimos anos. Faltam informações em escala regional que relacionem os modelos globais e os estudos locais, necessárias para entender as mudanças recentes e gerar cenários das modificações futuras, relevantes para o processo de tomada de decisão. A orientação da ocupação do solo urge e tem sido apontada nas conferências internacionais sobre o meio ambiente e no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro no Brasil (REF), mas lacunas de conhecimento, metodologias e iniciativas em nível regional e local ainda persistem.

### **1.1. De Estocolmo ao GERCO no RS e Pró-Mar-de-Dentro**

A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, a primeira conferência internacional sobre meio ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, foi o marco do ambientalismo moderno. Apesar do contexto mundial desfavorável, marcado pela Gerra Fria, *Apartheid*, Muro de Berlim, etc, o evento reuniu 113 nações numa discussão onde os pontos de vista eram extremamente diferentes, mas cujas decisões resultantes influenciam até hoje as atividades humanas. Muita da legislação ambiental e a entrada do meio ambiente nas agendas em nível nacional surgiram após a conferência de Estocolmo. Antes dela, somente 10 países possuíam ministérios do meio ambiente. Já em 1982 cerca de 110 países tinham tais ministérios ou departamentos (Clarke & Timberlake, 1982).

Embora a pobreza e o consumo excessivo ainda nos assombrem, diversos eventos demonstram o progresso (senão na prática, pelo menos teóricos) nos assuntos

ambientais desde a conferência de Estocolmo. Na década de 70, uma série de conferências e convenções levou a grandes avanços principalmente na conservação da vida selvagem. No mesmo período, mais precisamente em 1972, um grande salto instrumental foi dado no que concerne à observação e monitoramento dos recursos terrestres com o lançamento do primeiro satélite da série *Landsat*. Nos anos 80, houve um maior entendimento das mudanças climáticas, da interdependência entre ambiente e desenvolvimento e do valor intrínseco das espécies e ecossistemas. Surgiu a definição de desenvolvimento sustentável (“*desenvolvimento que supre as necessidades do presente sem comprometer a habilidade das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades*”, WCED, 1987) e importantes acordos ambientais multilaterais foram firmados: a Convenção das Nações Unidas sobre a Lei dos Mares (UNCLOS, 1982), o Protocolo de Montreal sobre substâncias que consomem a camada de ozônio (1987) e a convenção sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua disposição (*Basel Convention*, 1989). Os anos 90, por sua vez, tiveram um início nada bom para o meio ambiente, marcado pelos impactos da Guerra do Golfo, pela mortalidade por doenças infecciosas como a AIDS e a malária e mudanças radicais em termos de governança em várias partes do globo. Entretanto, também foi marcado pela realização do evento sem precedentes em termos de participação de diversos atores internacionais e tomadores de decisão: a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED) – a Rio 92. Dela resultou, entre outros, a Agenda 21 que através de seus 40 capítulos fornece uma base sólida para a promoção do desenvolvimento sustentável em termos sociais, econômicos e ambientais. O capítulo 17, sobre oceanos e costas, o mais longo da Agenda 21, foi de especial importância ao que trata o presente trabalho, uma vez que nele surge o conceito de gerenciamento costeiro integrado, expresso através de um de seus 7 programas: “*Manejo Integrado e Desenvolvimento Sustentável das Áreas Costeiras, Incluindo as Zonas Econômicas Exclusivas*”. Em 1997, foi realizada a Rio+5, com o objetivo de revisar a implementação da Agenda 21. Embora a conclusão geral tenha sido que, apesar de algum progresso ter sido alcançado em termos de desenvolvimento sustentável, muitos dos alvos da Agenda 21 estavam longe de ser atingidos (UN, 1997), a realização da Rio+10, em Joanesburgo, renovou as esperanças de sua adoção efetiva das ações pelos tomadores de decisão. Novas conferências de avaliação devem vir a acontecer, uma vez que a Agenda 21 é um programa dinâmico, o que implica na sua adaptação às necessidades e circunstâncias que mudam ao longo do tempo.



O Brasil, como vários outros países do globo, sentiu os efeitos de todos esses acontecimentos internacionais. Seguindo a Conferência de Estocolmo, tivemos a criação, um ano depois, da Secretaria Especial do Meio Ambiente da Presidência da República, no âmbito do Ministério do Interior, em 1973. Especificamente com relação à zona costeira, surge em 1974 a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar – CIRM, também como um organismo de assessoria direta da Presidência da República. A CIRM é composta por representantes de 11 ministérios, tendo como articulador e coordenador a Marinha. Em 1980 a Política Nacional de Recursos do Mar é instituída e, em 1981, a Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA.

A década de 80, no Brasil, é marcada por mudanças institucionais importantes especificamente para a zona costeira. Em 1987 a CIRM estabelece o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro – GERCO, que surge com o propósito de estruturar o planejamento e a gestão da zona costeira. Em 1988 é instituído, através da Lei 7.661, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, constituindo a base legal fundamental do planejamento da zona costeira no Brasil, e que tem sido implementado pelo GERCO (Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro). Apesar dos esforços, a elaboração de diretrizes nacionais para a gestão e desenvolvimento da zona costeira só surgiu de forma efetiva em 1998, por iniciativa do Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO) com o Plano de Ação Federal para a Zona Costeira do Brasil – PAF, atualmente em revisão.

O GERCO tem como coordenador o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e como executores os 17 estados litorâneos, os quais buscam integrar suas ações com os municípios. O PNGC, por sua vez, tem como instrumentos: o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC), o Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro (SI-GERCO), o Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira (SMA-ZC), o Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira (RQA-ZC), o Plano de Gestão da Zona Costeira (PGZC), os Planos Estaduais de Gerenciamento Costeiro (PEGC) e os Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro (PMGC).

Os executores estaduais têm como responsabilidade o planejamento e execução das atividades de gerenciamento costeiro em articulação com municípios e sociedade. Esse processo tem sido altamente heterogêneo ao longo dos estados costeiros, onde alguns já apresentam resultados significativos enquanto outros, incipientes.

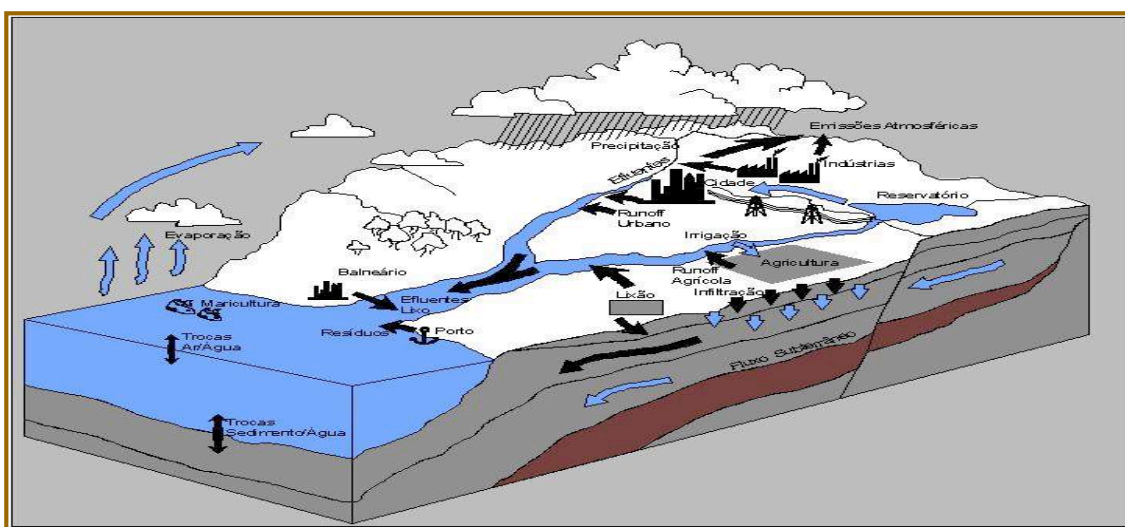
No Rio Grande do Sul, o executor estadual do GERCO é a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM, vinculada à Secretaria Estadual

de Meio Ambiente (SEMA). Com base em diferentes características geomorfológicas/hidroológicas, a área de atuação do Programa de Gerenciamento Costeiro no Rio Grande do Sul foi dividida em 3 setores: Litoral Norte, Litoral Médio e Litoral Sul. Apesar de o estado apresentar um estágio de desenvolvimento do gerenciamento costeiro em grande vantagem quando comparado a outros estados costeiros brasileiros, as ações estão altamente concentradas no litoral norte. O presente trabalho traz avanços no que tange o gerenciamento costeiro no litoral médio, trazendo subsídios para vários dos instrumentos previstos pelo PNGC, senão para todos eles. O presente trabalho também deve contribuir para o Pró-Mar-de-Dentro, um programa do Governo do Estado do Rio Grande do Sul para o Desenvolvimento Sustentável, Recuperação e Gerenciamento Ambiental da Região Hidrográfica Litorânea, abrangendo as Bacias Litoral Médio, Camaquã, Piratini-São Gonçalo-Mangueira e Jaguarão. Esse programa teve início em 1998, através de um acordo com a Agência de Cooperação Internacional Japonesa (JICA), mas na época as ações eram muito mais voltadas para avaliações da qualidade da água das Lagoas Mirim e dos Patos. Seus objetivos atuais, entretanto, focados no desenvolvimento sustentável e gerenciamento ambiental, mostram uma grande sobreposição de suas ações previstas com as atividades realizadas e resultados obtidos pelo presente trabalho, o que demonstra o seu potencial como subsídio técnico para o referido programa.

## **1.2. Bacia hidrográfica *versus* zona costeira: os impactos das modificações do uso do território sobre o ambiente aquático**

Uma paisagem é constituída por várias bacias hidrográficas interconectadas. Uma bacia hidrográfica, por sua vez, é uma área geográfica na qual todas as fontes de água são drenadas em direção a um mesmo corpo d'água. Elas começam na cabeceira dos rios e drenam em direção às áreas costeiras. As águas drenadas, que fluem através de rios e outros corpos d'água, passam por áreas continentais usadas com diversos propósitos (agricultura, áreas residenciais, indústrias, etc.) fazendo com que, à medida que se dirigem à zona costeira, tenham as suas características modificadas pelos diversos usos humanos do solo e da água (Figura 1). No momento em que chegam à costa, essas águas deságuam em estuários. Esses desempenham uma série de funções ambientais, dentre elas o fornecimento de *habitats* próprios para a reprodução e alimentação de uma série de espécies terrestres e aquáticas, algumas de interesse

comercial. As águas costeiras, aquelas próximas às praias, também são parte da bacia hidrográfica, uma vez que são influenciadas pelas atividades realizadas ao longo da costa e pelos poluentes vindos do continente. As atividades humanas desenvolvidas no continente, através dos processos hidrológicos, passam, então, a afetar os corpos d'água adjacentes. Assim, o manejo dos recursos costeiros, incluindo os aquáticos, deve ser focado, e só assim poderá ser efetivo, no ordenamento das atividades ao longo da bacia hidrográfica.



**Figura 1.** As águas drenadas através do continente têm como destino final a costa, sendo suas condições ambientais determinadas em grande parte pelas atividades humanas exercidas ao longo das bacias hidrográficas. (Fonte: domínio público/internet).

O Rio Grande do Sul é formado por 3 regiões ou bacias hidrográficas, compostas por 23 sub-bacias (Figura 2). A Lagoa dos Patos é rodeada por duas delas: a Bacia Litorânea e a Bacia do Guaíba. Assim, pensando a Lagoa dos Patos sob o ponto de vista sistêmico, suas condições ambientais são altamente dependentes das atividades exercidas principalmente ao longo dessas bacias. A Bacia Litorânea apresenta usos do solo predominantemente vinculados às atividades agropecuárias, agroindustriais e industriais e a Bacia do Guaíba apresenta áreas de grande concentração industrial e urbana, sendo a mais densamente povoada do Estado, além de sediar atividades diversificadas incluindo indústria, agropecuária e agroindústria, entre outras (Secretaria de Coordenação e Planejamento do RS – SCPRS, 2007). Inúmeros são os indícios da influência de tais atividades sobre a qualidade da água da Lagoa dos Patos e seu estuário, dentre eles o aumento da poluição pela agricultura, pela liberação de metais pesados resultantes da atividade industrial (Dell Rosso, 2005; Niencheski *et al.*, 2005),

além da possibilidade de que a lagoa esteja sofrendo um aumento da carga de material em suspensão pela desestabilização dos solos pela agricultura, embora não haja indícios conclusivos sobre isso (Calliari,2007\*).



**Figura 2. As bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul e suas sub-bacias: o entorno da Lagoa dos Patos é formado pelas Bacias do Guaíba e Litorânea.**

### 1.3. As forças que determinam o padrão da paisagem e utilização do território

Como referido anteriormente, as mudanças no uso e cobertura do solo constituem uma das principais fontes da degradação ambiental. Tais mudanças são tão

---

\* Calliari, L.J. 2007. Comunicação Pessoal. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande.

abrangentes em termos espaciais que, quando consideradas globalmente, afetam aspectos chave do funcionamento do Sistema Terra. Enquanto que alguns problemas ambientais são altamente influenciados por forçantes sociais e outros são claramente determinados por forçantes biofísicas, a maioria das mudanças no uso e cobertura do solo se dá pela interação entre forçantes naturais e humanas, o que torna inadequadas as abordagens baseadas em uma única teoria/disciplina, sendo necessário o uso da interdisciplinaridade que permita levar em conta essa multiplicidade de forçantes (Veldkamp *et al.*, 2001; Van der Veen & Otter, 2001). Condições sociais, políticas e econômicas similares da tomada de decisão em ambientes físicos não-similares comumente resultam em diferentes usos de solo (Veldkamp *et al.*, op.cit.), sendo o inverso também possível.

Dentre os fatores determinantes dos padrões de utilização do solo está uma série de forçantes diretas – introdução ou remoção de espécies, adaptação e uso das tecnologias, desmatamento e consumo de recursos, mudanças climáticas, forçantes físicas e biológicas naturais – e indiretas – demografia, economia, sociopolítica, ciência e tecnologia, cultura e religiosidade – que podem agir em nível global, regional ou local e em diferentes escalas temporais (UNEP, 2006). Entretanto, as causas das mudanças de uso do solo são muitas vezes super-simplificadas. De acordo com Lambin *et al.* (2001), o crescimento populacional e a pobreza não constituem a única e maior causa de mudanças de cobertura e uso do solo globalmente, muito mais importante é a resposta das pessoas a oportunidades econômicas, mediante fatores institucionais. O processo de globalização tem um papel crucial nesse contexto: fatores globais tendem a amplificar ou atenuar essas modificações, sendo que, freqüentemente, mudanças rápidas de uso do solo coincidem com a incorporação de uma região a uma economia em expansão mundial.

As mudanças no uso do solo ilustram a complexidade em potencial das relações entre as atividades humanas e os principais componentes não-humanos do Sistema Terra. Apesar da crescente demanda por estimativas precisas das taxas de modificação da cobertura do solo como subsídio à pesquisa científica e ao desenvolvimento de políticas, a disponibilidade de informação abrangente e sistemática em escala global e regional é limitada (IPCC, 2001; Leemans & Serneels, 2004). Uma vez que acoplar o global e o local é um desafio chave, os estudos regionais podem ter um valor único. O entendimento mais profundo e robusto das mudanças do uso do solo levará a políticas mais apropriadas, que terão as atividades humanas como alvo imediato.

#### **1.4. A ciência no entendimento da dinâmica do uso do território: a ecologia da paisagem e o ordenamento territorial com base no sensoriamento remoto e geoprocessamento**

A Ecologia da Paisagem tem como fundamento a idéia de que o arranjo espacial de um fenômeno na paisagem é a principal determinante dos processos ecológicos e saúde dessa paisagem (Forman, 1995). Feições naturais e antropogênicas, então, podem ser descritas de acordo com suas características espaciais e, frequentemente, estão sujeitas a rápidas mudanças. A cobertura e uso do solo, e as suas mudanças ao longo do tempo, constituem um dos temas mais importantes tratados por ecologistas e ordenadores do território na atualidade. As atividades relacionadas ao uso do território podem mudar a abundância dos tipos de cobertura do solo ou alterarem o seu padrão espacial, bem como introduzir novos tipos de cobertura, o que pode aumentar a diversidade, mas também diminuir a extensão dos *habitats* naturais. O monitoramento em longo prazo do padrão espacial da paisagem, somado a outras variáveis biofísicas, pode levar à detecção de uma ampla variedade de processos modificadores da paisagem (Lambin & Strahler, 1994), o que pode ser detectado e analisado através das imagens de satélite, disponíveis de forma adequada para tais fins desde o início da década de 70.

Embora vários pesquisadores envolvidos na detecção de mudanças utilizem os dados de sensoriamento remoto de forma qualitativa, através da análise de mapas de cobertura e uso do solo gerados por processos de classificação, aspectos do arranjo e distribuição espacial dos tipos de uso do solo podem ser quantificados através de medidas da paisagem (*landscape metrics*) e índices de vegetação (por exemplo, o NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*). Tais medidas do padrão da paisagem têm sido utilizadas para relacionar os processos ecológicos e ambientais com os padrões encontrados na paisagem, com base na análise da geometria e arranjo espacial das manchas resultantes dos diferentes usos e coberturas do solo, ou simplesmente detectar mudanças ao longo do tempo (Ares *et al.*, 2001; Arnot *et al.*, 2004; Cain *et al.*, 1997; Frohn & Hao, 2006; Hargis *et al.*, 1998; Jenerette & Wu, 2001; McAlpine & Eyre, 2002; Narumalani *et al.*, 2004; Ritters *et al.*, 2004).

Dessa forma, o sensoriamento remoto, é capaz de fornecer as informações espaciais e temporais requeridas para o ordenamento territorial, que objetiva promover e facilitar o uso sustentável dos recursos naturais e da diversidade biológica e a ocupação

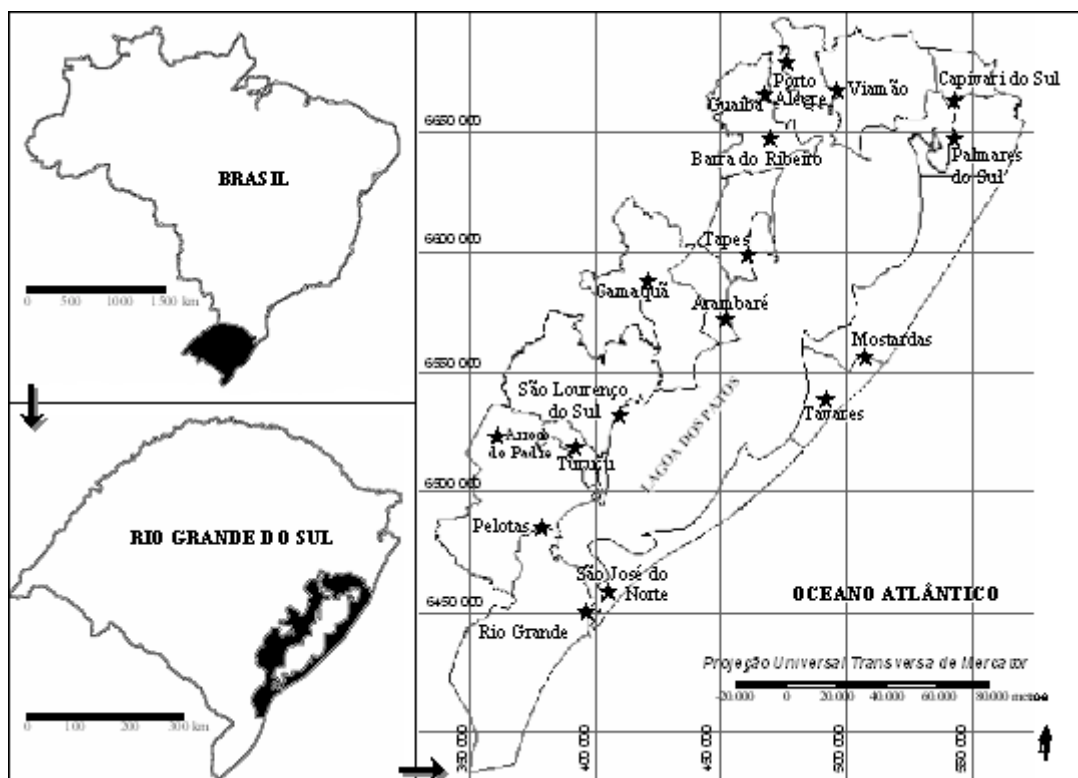
mais racional do espaço, em concordância com as características e potencialidades dos ecossistemas. O sistema de informação geográfica (SIG) surge como ferramenta chave nesse contexto, possibilitando, além da estocagem e manipulação de dados de diversas origens, a avaliação de alternativas de desenvolvimento, através da geração de cenários, a fim de explorar possibilidades que alcancem a sustentabilidade ecológica, econômica e social de uma região. Uma vez que é capaz de estocar informações obtidas em longo prazo, captura e transmite todo o conhecimento de uma geração de planejadores e pesquisadores para outra.

### **1.5. Descrição da área de estudo**

O presente estudo envolve toda a área dos municípios que margeiam a Lagoa dos Patos, pertencentes ao Litoral Médio da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, totalizando cerca de 20.000 km<sup>2</sup> e abrigando cerca de 2.500.000 habitantes. A área de estudo é delimitada, desta maneira, pelos limites políticos desses municípios, de forma a ser coerente com a definição da zona costeira brasileira, composta pelos denominados “municípios costeiros”. Essa estratégia associa características ambientais costeiras a uma unidade de gestão já constituída, facilitando a implementação de políticas, assim como das recomendações feitas neste documento. Os municípios envolvidos são: Rio Grande, Pelotas, Arroio do Padre, Turuçu, São Lourenço do Sul, Cristal, Arambaré, Tapes, Barra do Ribeiro, Guaíba, Porto Alegre, Viamão, Capivari do Sul, Palmares do Sul, Mostardas, Tavares e São José do Norte (Figura 3). Embora tais municípios estejam sujeitos a condições relativamente homogêneas com relação ao clima e aspectos geológicos/geomorfológicos (embora alguns se apresentem em diferentes proporções sobre a planície costeira / escudo cristalino), o mesmo não pode ser dito sobre os aspectos socioeconômicos, dada a disparidade encontrada entre os diversos indicadores, condicionada provavelmente por processos históricos, mas também paisagísticos. Alguns desses municípios, portanto, apresentam um território que se estende para além da planície costeira, alcançando os terrenos do escudo cristalino, enquanto outros se situam em sua totalidade na planície costeira.

O clima da região, como no restante do Rio Grande do Sul é temperado subtropical úmido, segundo a classificação climática de Köppen, constituído por invernos e verões definidos, separados por estações intermédias com aproximadamente dois meses de duração, e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Está sob a influência

de dois centros de alta pressão: o Anticiclone do Atlântico Sul e o Anticiclone Móvel Polar, o que resulta na dominância de ventos de nordeste ao longo do ano, seguida por ventos de sudoeste durante a passagem de frentes frias. Em consequência da interação desses dois centros de alta pressão, o clima na região pode ser caracterizado como mesotérmico brando, superúmido, sem estação seca definida, onde a temperatura média anual oscila entre 16 e 20°C e a precipitação pluviométrica anual entre 1.000 e 1.500mm. O regime de ventos bimodal (com dominância de NE, originado no Anticiclone do Atlântico Sul, com vento secundário de SW, associado ao Anticiclone Móvel Polar) é de fundamental importância na morfogênese regional. Além de formar extensos campos de dunas, o vento, gerando ondas e correntes, é o fator básico de controle da hidrodinâmica oceânica e dos corpos lagunares da região. Os ventos bidirecionais soprando de forma subparalela ao eixo principal da lagoa, associados a um regime de micromaré, também resultam em um sistema erosional-deposicional com a presença de *spits* que tendem a segmentar a lagoa pela acresção de barreiras (Rosen, 1975, Calliari, 2007\*\*).



**Figura 3. Localização da área de estudo. As estrelas na figura à esquerda correspondem às sedes municipais.**

\*\* Calliari, L.J. 2007. Comunicação Pessoal. Rio Grande: Universidade Federal do Rio Grande.



Sob o ponto de vista geomorfológico, a área de estudo apresenta duas das quatro províncias presentes no estado, é constituída em sua maior parte pela planície costeira, mas sendo formada também pelo escudo cristalino. A estruturação do Escudo Sul-riograndense está vinculada ao Ciclo Orogênico Brasileiro (450 - 700 m.a.), um evento geodinâmico que remobilizou e rejuvenesceu rochas mais antigas do Cráton do Rio da Prata, que está preservado mais a oeste. Os eventos erosivos posteriores fizeram com que assumisse uma forma arqueada em função dos ajustes isostáticos da crosta. A leste do escudo afloram rochas granitóides relacionadas a esse último evento geotectônico, as quais serviram de área fonte para a estruturação da Planície Costeira a partir do Terciário. A província costeira, por sua vez, se estende por todo o litoral do estado e constitui a parte emersa da Bacia de Pelotas. Tem um relevo suave e é utilizada na forma de grandes áreas de monocultura, principalmente de arroz. Em sua porção formada no sopé do escudo encontram-se depósitos continentais chamados de Formação Graxaim (Delaney, 1965). Segundo Long (1989), mais ao leste, encontram-se quatro barreiras arenosas orientadas segundo o eixo da planície e que aprisionam corpos lagunares de tamanho variável, onde ocorre uma significativa sedimentação argilosa. A altitude das formações raramente ultrapassa 20 metros, sendo os pontos mais altos constituídos por edificações eólicas. A planície é formada por dois lóbulos que englobam a Lagoa dos Patos no litoral médio e a Lagoa Mirim ao sul, que se comunicam entre si através do canal São Gonçalo. Dentro da concavidade formada pela interseção desses dois lóbulos encontra-se a desembocadura da Lagoa dos Patos, a única comunicação do sistema lagunar com o Oceano Atlântico. Uma descrição mais detalhada das unidades geomorfológicas presentes da área de estudo segundo Long é apresentada nas seções subseqüentes.

Apesar dos quase 10.000 km de extensão entre estradas e acessos ao longo da área de estudo, somente 25% apresentam condições de tráfego permanente o ano todo. Destacam-se a BR386, BR116, BR101 e BR120, que convergem para a região de Porto Alegre os fluxos do sul e oeste, e a BR392, BR293 e BR116, que convergem os fluxos do centro-sul do estado para o porto de Rio Grande. Tais rodovias fazem parte de um conjunto de corredores que articulam todo o território nacional através de grandes artérias, que têm nos principais pólos portuários o seu ponto de convergência natural (Costa, 1995), representados na área de estudo pelos portos de Porto Alegre e Rio Grande. A rede de transportes terrestres, especialmente em função das atividades portuárias, se encontra claramente aquém da demanda em termos de capacidade física

instalada e da obsolescência da superestrutura, apresentando cada vez mais sinais de esgotamento e mesmo de estrangulamento.

Compreendida na área de estudo, situa-se Porto Alegre, a capital do estado, cuja área metropolitana forma uma grande e densa mancha urbana. As duas áreas portuárias de Porto Alegre e Rio Grande, juntamente com Pelotas, agregam a grande maioria das indústrias encontradas na região. Camaquã, entretanto, apresenta-se como um sub-núcleo industrial. Rio Grande, Pelotas e a região metropolitana de Porto Alegre também apresentam as mais altas densidades demográficas. Na região metropolitana encontram-se praticamente todos os tipos de indústria enquanto que Pelotas é caracterizada pela indústria alimentícia e de bebidas e Rio Grande pela indústria química, embora também tenha faturamento significativo na indústria de alimentos. O restante da área de estudo é formado por pequenas cidades com um caráter rural, com predomínio da cultura do arroz em áreas da planície costeira, e do policultivo em áreas pertencentes ao escudo, onde encontra-se o cultivo de frutas, fumo, etc. Em Camaquã, Palmares do Sul e Tapes encontramos cerca de 200 índios da tribo Guarani Mbyá, uma particularidade da região, vivendo da agricultura e artesanato. De uma maneira geral, a região apresenta uma dicotomia rural-urbana, com estilos de vida e, obviamente, paisagens e usos do solo contrastantes.

A Lagoa dos Patos tem, portanto, reconhecida importância ambiental e socioeconômica. Dela dependem, direta ou indiretamente, as atividades agropecuárias, agroindustriais, industriais e urbanas que ocorrem em suas margens. Abriga uma avifauna diversa e uma série de organismos aquáticos, inclusive de interesse comercial. Além do corpo d'água em si, áreas importantes sob o ponto de vista ambiental são encontradas em seu continente adjacente, muitas delas contempladas por unidades de conservação, como a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, o Parque Estadual de Itapuã, o Parque Estadual do Camaquã, o Parque Nacional da Lagoa do Peixe e a Estação Ecológica do Taim, o que reafirma seu papel ecológico destacado.

### **1.5. Antecedentes e justificativas**

A Lagoa dos Patos, localizada no litoral do estado do Rio Grande do Sul, pela sua importância ecológica e econômica, tem sido exaustivamente estudada já há algumas décadas. Existem centenas, talvez milhares, de trabalhos que tratam de aspectos biológicos e físicos da lagoa e seus arredores. Entretanto, a consciência da

necessidade de pesquisas integradas é relativamente recente e trabalhos desse tipo mais escassos e, ainda, insuficientes. Os primeiros esforços nesse sentido datam da década de 80, através do Projeto Lagoa e dos trabalhos de Asmus *et al.* (1988 e 1989). O Projeto Lagoa foi realizado entre maio de 1987 e abril de 1988 através de um convênio entre Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) e a Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), e tinha como objetivo conhecer a estrutura e funcionamento do ecossistema da Lagoa dos Patos, já visando orientar a exploração racional de seus recursos. Os trabalhos de Asmus e pesquisadores associados, por sua vez, inserem de forma mais expressiva, a visão sistêmica e a preocupação com o caráter espacial dos fenômenos na pesquisa concernente à Lagoa dos Patos e áreas continentais adjacentes.

As justificativas para o desenvolvimento do presente trabalho se dão em diferentes escalas, e têm como base a combinação entre inquietações científicas e demandas sociais e políticas por instrumentos e subsídios que auxiliem na efetivação do gerenciamento costeiro na região. Inexistem trabalhos que compilem e integrem informações sobre a estrutura ecossistêmica e a dinâmica territorial nessa região e que seja abrangente tanto do ponto de vista espacial quanto temporal. Também se carece de uma base de dados espacializada e condizente com as demandas dos órgãos envolvidos do gerenciamento costeiro e que possibilite a pesquisa voltada à caracterização dos ambientes e seus usos, bem como sua evolução, a fim de embasar ações futuras de gestão. Os resultados aqui apresentados também devem servir como ponto de partida para estudos mais detalhados, principalmente para aqueles municípios onde a carência de informações e recursos humanos especializados é maior, além de apresentarem potencial para serem utilizados como *link* entre os modelos de macro-escala, que tratam de problemas globais ocasionados pelas mudanças de uso do solo, e os dados em escala local. Portanto, os resultados do presente trabalho deverão elucidar os processos ecológicos e humanos que ocorrem em nível regional na porção média da planície costeira sul-rio-grandense, gerar novas metodologias de monitoramento desses processos e, assim, também auxiliar as instituições envolvidas na gestão ambiental, dando suporte ao ordenamento territorial da região. Este documento vinculado a um banco de dados associado a um sistema de informações geográficas (SIG) de certa forma seria o desdobramento de grande parte das pesquisas conduzidas desde 1986 no hoje denominado Laboratório de Gerenciamento Costeiro da FURG, e compartilha diversas ações previstas pelo Programa Pró-Mar-de-Dentro e GERCOM.

## 1.6. Objetivos

O objetivo do presente trabalho é melhor entender a estrutura e dinâmica das paisagens da planície costeira no entorno da Lagoa dos Patos, que se refletem em sua qualidade ambiental e da própria lagoa, incluindo o mosaico de ecossistemas, seus usos, distúrbios antrópicos e tendências futuras. Também se pretende definir uma proposta de zoneamento ambiental visando o manejo adequado destas paisagens e a recuperação da qualidade ambiental da Lagoa dos Patos e sua área adjacente.

É esperado que tais resultados possam vir a aportar elementos e informações técnicas capazes de fornecer subsídios para gerenciamento e planejamento ambiental, capazes de auxiliar no desenvolvimento de políticas e diretrizes mais condizentes com a realidade ambiental e socioeconômica do segmento central da planície costeira do Rio Grande do Sul, definida pelos municípios que margeiam a Lagoa dos Patos.

Como objetivos específicos, citam-se:

- Identificar, mapear e quantificar a estrutura e dinâmica do ecossistema em estudo, incluindo os macroambientes, seus usos, principais impactos associados em nível da paisagem, sua evolução histórica recente, e tendências futuras, com base também na análise das políticas econômicas, dados censitários, programas e projetos existentes.
- Gerar um banco de dados subsidiado por SIG que compreenda as informações levantadas pelo diagnóstico ambiental e que seja capaz de derivar dados relevantes para o planejamento e manejo ambiental da região.
- Avaliar a aplicação de técnicas de zoneamento e modelagem espacial a fim de propor as bases para o planejamento ambiental na região.

## 2. Material e Métodos

---

### 2.1. Estrutura da base de dados e fontes de informação

A base de dados utilizada no presente trabalho foi construída a partir de uma série de fontes de informações espaciais e não-espaciais e que podem ser divididas nas seguintes categorias:

(1) **Limites políticos dos municípios costeiros**, baseados nos registros digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As informações, no formato vetorial e geodificadas, em escala original de 1:200.000, foram importadas para o sistema de trabalho, onde passaram por algumas correções de contorno, tendo como suporte composições coloridas das imagens *Landsat*, descritas a seguir.

(2) **Dados estatísticos** publicados pelas instituições especializadas do governo, bem como outras publicações de departamentos especiais / *experts*. Foram utilizadas, principalmente, as informações obtidas junto à Secretaria de Planejamento e Gestão do Rio Grande do Sul (SEPLAG, 2008. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul) e à Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2008. FEE Dados e Resumo Estatístico do Rio Grande do Sul).

(3) **Imagens classificadas de cobertura e uso do solo**, referentes a 7 diferentes classes (dunas e praias, banhados, corpos d'água, matas e florestas, campos associados à agricultura / pecuária, florestamentos e áreas urbanas), com base em imagens de satélite e processos de classificação automática, descritos ao longo do trabalho.

(4) **Imagens de sensoriamento remoto**. As imagens obtidas pelos satélites *Landsat* e *Suttle Radar Topographic Mission* (SRTM) foram usadas para gerar e corrigir a base de dados. Para cobrir a totalidade da área de estudo, foram necessárias 4 diferentes cenas do satélite *Landsat* (220\_081, 221\_081, 221\_082, e 221\_083), coletadas em 2 períodos (final das décadas de 80 e 90). As imagens foram obtidas gratuitamente pelo *Global Land Cover Facility* ([www.landcover.org](http://www.landcover.org)) e seus detalhes estão citados nas referências bibliográficas. Além da facilidade de obtenção de suas imagens, o satélite *Landsat* foi escolhido para os propósitos deste trabalho pela qualidade do dado oferecido em termos radiométricos e geométricos. Segundo Lee *et al.* (2004), o *Landsat 7* continua a preencher e superar todos os requerimentos de

acuracidade geométrica (*band-to-band* e *image-to-image*). Também não existe degradação aparente dos sensores TM desde 1995 e ETM+ desde o seu lançamento (Thome *et al.*, 2004). Além disso, uma vez realizados os procedimentos de normalização radiométrica, os produtos de classificação do *Landsat* 5 e 7 são muito similares (Vogelmann *et al.*, 2001)

(5) **Acessibilidade e Hidrografia**, digitalizadas a partir de dados analógicos (cartas topográficas na escala original de 1:50.000). Foram necessárias 43 cartas no total para cobrir a área de estudo, obtidas através da 1º Divisão de Levantamento do Exército.

(6) **Geomorfologia**, baseada na descrição feita por Long (1998). Os mapas originais foram digitalizados e corrigidos em diversos aspectos geométricos.

## **2.2. Construção da base de dados e análises desenvolvidas**

### **2.2.1. Vetorização das informações analógicas**

As cartas topográficas e os mapas geomorfológicos foram escaneizados em *scanner* de mesa e corrigidos geometricamente (RMS em torno de 1 *pixel*, equivalente a 10 metros). Os rios e canais e o sistema rodoviário foram digitalizados em tela, bem como as unidades geomorfológicas. Essas últimas ainda passaram por correções no seu contorno, uma vez que os mapas originais apresentavam uma descrição espacial muito grosseira das mesmas, resultado da limitação tecnológica da época em que foram gerados. Os limites políticos dos municípios, obtidos no formato digital e geocodificados, passaram somente por algumas correções de seu contorno, como nas margens nos rios/lagoas e outras feições geográficas que os determinaram, com base em composições coloridas das imagens *Landsat* geometricamente corrigidas (item 2.3.2.2). Depois de digitalizados, todos os dados foram rasterizados, mantendo-se os mesmos parâmetros geométricos utilizados para as imagens de satélite (resolução espacial, sistema de projeção e retângulo envolvente), a fim de permitir a sobreposição de todas as camadas de informação geradas.

### **2.2.2. Processamento de imagens**

#### **2.2.2.1. Correções radiométricas**

### ***a) Correções atmosféricas***

Os valores dos *pixels* nas imagens de satélite representam a quantidade de energia radiante recebida pelo sensor na forma de valores relativos não-calibrados simplesmente chamados de números digitais (*Digital Numbers*, DN). Entretanto, a atmosfera pode afetar a trajetória dessa energia ao longo do caminho percorrido até alcançar o sensor de diversas formas. Os gases atmosféricos causam o espalhamento *Rayleigh* que progressivamente afeta os comprimentos de onda menores. Os principais componentes atmosféricos, como o oxigênio, dióxido de carbono, ozônio e vapor d'água causam a absorção da energia em determinados comprimentos de onda. Aerossóis, por sua vez, são o principal fator determinante do *haze* (nebulosidade) e causam o espalhamento não-seletivo do tipo *Mie*, o que se reflete nas imagens como uma elevação relativamente uniforme dos valores espectrais das bandas na faixa do visível.

No caso das imagens TM, essas podem ser potencialmente mais úteis se for possível remover os efeitos dos aerossóis, nuvens finas e sombras de nuvens (Liang *et al.*, 2001). Esse procedimento para a retomada da reflectância de superfície é comumente chamado de **correção atmosférica**. Em várias aplicações envolvendo a classificação e detecção de mudança, as correções atmosféricas são desnecessárias, como, por exemplo, na classificação de imagem de uma única data. Uma vez que a realização do presente trabalho envolve o uso de quatro diferentes cenas *Landsat* em diferentes períodos, envolvendo dados TM e ETM+, seria altamente benéfico poder “treinar” classificadores ou métodos de detecção de mudança em um único lugar ou tempo e, então, aplicá-los em outros lugares ou datas. Entretanto, esse tipo de generalização envolve necessariamente a realização de correções atmosféricas nas imagens, para que os dados sejam colocados na mesma escala radiométrica.

Os modelos mais simples de normalização radiométrica das cenas se baseiam na observação de feições pseudo-invariáveis (*Pseudo-Invariant Features*, PIFs) e de, forma similar, através da subtração de objeto escuro (*Dark Object Subtraction*, DOS). Esse último assume a existência de objetos escuros (reflectância de superfície zero ou baixa) através de uma cena *Landsat* TM e uma atmosfera horizontalmente homogênea, como por exemplo, áreas de águas profundas. O valor mínimo de DN do histograma de uma cena inteira ou de um objeto escuro em específico é então atribuído ao efeito da atmosfera e subtraído de todos os *pixels*. Muitos outros métodos de correção atmosférica têm sido desenvolvidos, como os de Liang *et al.* (2001), que estima a

distribuição espacial dos aerossóis, e de Zhang e Guindon (2003), baseada no que os autores chamam de *Haze Optimized Transform*. Entretanto, Song *et al.* (2001), que avaliaram o efeito de vários algoritmos de correção atmosférica com base na acuracidade da classificação e detecção de mudança, concluíram que o método que apresentou os melhores resultados para esse tipo de aplicação foi aquele que adiciona o efeito do espalhamento *Rayleigh* à convencional DOS. Ao contrário das expectativas, métodos mais recentes e complicados não levaram a uma melhora consistente nas acuracidades de classificação e detecção de mudança quando comparados a métodos mais simples. Dessa forma, o modelo Cos(t) do Idrisi, que incorpora todos os elementos do modelo DOS (para a remoção do *haze*) mais um procedimento para estimar os efeitos da absorção atmosférica de gases e o espalhamento *Rayleigh*, foi aplicado a todas as imagens *Landsat* utilizadas no presente trabalho. Todos os dados utilizados referentes à data e horário de aquisição das cenas, radiância em DN zero e máximo e ângulo de elevação solar foram adquiridos nos arquivos de documentação das imagens ou nos sites de procura por cenas *Landsat*. O DN *haze* foi determinado através da análise dos histogramas de objeto escuro (áreas oceânicas).

#### ***b) Correções topográficas***

Declividades acentuadas afetam de forma severa o sensoriamento remoto da vegetação. Por efeito topográfico se entende a diferença nos valores de radiação de superfícies inclinadas quando comparadas às horizontais. A interação do ângulo e azimute solar com as declividades e aspectos produz efeitos topográficos que resultam em iluminação variável. Esses efeitos precisam ser corrigidos antes tanto de identificar a vegetação quanto de acessar sua condição com um nível aceitável de precisão (Dymond & Sheperd, 1999).

Assim, a fim de compensar as diferenças na iluminação solar devido às irregularidades do terreno, foi aplicado o método *C-correction* com fator de suavização de inclinação igual a 5, como recomendado por Riaño *et al.* (2003), após terem sido realizadas as correções atmosféricas. O método é descrito a seguir:

$$p_h = p_t (\cos\theta_z + c_k / IL + c_k)$$

Onde  $p_h$  é o valor de reflectância de uma superfície horizontal;  $p_t$  é o valor de reflectância de uma superfície inclinada;  $\theta_z$  é o ângulo zenital solar;  $IL$  é o modelo de iluminação do terreno; e  $c_k$  é o quociente entre o gradiente e o intercepto de uma



equação de regressão entre  $pt$  e  $IL$  (variável dependente e independente, respectivamente).

O parâmetro  $IL$  varia de  $-1$  (mínimo) a  $+1$  (máximo) e foi computado como:

$$IL = \cos\gamma_i = \cos\theta_p \cdot \cos\theta_z + \sin\theta_p \cdot \sin\theta_z \cdot \cos(\varphi_a - \varphi_o)$$

Onde  $\gamma_i$  é o ângulo de incidência solar;  $\theta_p$  é a declividade do terreno em graus;  $\theta_z$  é o ângulo zenital solar;  $\varphi_a$  é o ângulo azimutal solar e  $\varphi_o$  é o aspecto (em graus).

Os dados referentes à declividade do terreno e ao aspecto foram baseados num modelo digital de terreno (DEM), suavizado por fator 5, gerado a partir de imagem do *Suttle Radar Topographic Mission* (SRTM, dados de elevação 30 arcos de segundo, equivalente a uma resolução espacial de 90 metros, reprocessado para GeoTIFF). O restante dos dados foi obtido através dos arquivos de documentação das imagens *Landsat* utilizadas. O *SRTM dataset* foi fornecido gratuitamente pelo *Global Land Cover Facility*, <http://www.landcover.org> (USGS, 2004).

#### **2.2.2.2 Correções geométricas**

Depois de radiometricamente corrigidas, as imagens foram reamostradas a 30m, utilizando o método do vizinho mais próximo de 1º ordem. Foi utilizado como material de referência geográfica cartas topográficas do exército em escala de 1:50.000. Cada cena foi georreferenciada separadamente para o formato UTM com cerca de 30-50 pontos de correspondência para cada uma, selecionados com base nas bandas 3 e 5. Sempre que possível, os mesmos pontos de controle foram utilizados para os dois períodos de análise (1987 e 2000). A acuracidade do registro geométrico (erro RMS) foi de 0,5 (~ 15m) para todas as cenas, com exceção da 221\_083 (RMS = 0,7 para 1987 e 0,6 para 2002). Desvios geométricos entre bandas foram desprezados (registro *band-to-band*).

#### **2.2.2.3 Classificação**

A estrutura de classificação utilizada apresenta sete diferentes classes em um mesmo nível, como mostra a Tabela 1. A classificação foi realizada para dois períodos: 1987 e 2000, embora o mapa de 2000 tenha sido derivado de imagens dos anos de 1999 e 2002 também. Para cada um dos períodos foi utilizada uma combinação de bandas espectrais reflexivas que incluem imagens tanto de verão quanto de inverno, embora o

mapa de 1987 tenha predomínio de imagens de inverno e o de 2000 o predomínio de imagens de verão (Tabela 2).

Uma abordagem híbrida de treinamento foi utilizada (métodos de classificação supervisionada e não-supervisionada combinados). O processo de classificação consistiu em: (1) um procedimento de *clustering* espectral não-supervisionado das imagens mais recentes (2000); (2) uma classificação supervisionada baseada em pontos de controle da verdade de campo, dados auxiliares e conhecimento geobotânico prévio, de ambos os períodos estudados, utilizando as assinaturas espectrais coletadas nas imagens de 2000.

**Tabela 1. Estrutura de classificação da cobertura e uso do solo.**

<b>Classe de cobertura e uso do solo</b>	<b>Descrição</b>
Agricultura	Campos cultivados, áreas utilizadas na pecuária e campos nus
Aquático	Ambientes aquáticos permanentes, lagos, reservatórios, rios e sacos
Banhados	Ambientes úmidos com vegetação herbácea
Urbano	Áreas construídas residenciais, industriais ou de transporte
Matas e florestas	Matas ciliares, florestas submontanas e matas de restinga
Dunas e praias	Dunas vivas, praias lagunares e oceânicas
Florestamentos	Formações arbustivas implantadas

**Tabela 2. Dados de sensoriamento remoto utilizados no mapeamento da cobertura e uso do solo.**

<b>Satélite</b>	<b>Sensor</b>	<b>Track/frame</b>	<b>data</b>
Landsat 5	TM	220/081	20/01/1987
Landsat 5	TM	221/081	23/08/1987
Landsat 5	TM	221/082	06/07/1987
Landsat 5	TM	221/083	06/07/1987
Landsat 7	ETM+	220/081	29/11/1999
Landsat 7	ETM+	221/081	24/02/2000
Landsat 7	ETM+	221/082	12/11/2002
Landsat 7	ETM+	221/083	18/08/2000

\* Foram utilizadas todas as bandas na faixa do visível e infra-vermelho próximo, o que corresponde às bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, de ambos os sensores.

Inicialmente, as imagens de 2000 foram submetidas a um procedimento de *clustering*, o que gerou 34 classes nível 1, que correspondem aos *clusters* gerados. Cada classe nível 1 que representava mais de uma classe de cobertura e uso do solo foi, então, dividida em subclasses nível 2 a fim de melhor treinar o classificador. A divisão de classes do nível 1 em classes do nível 2 foi necessária, pois diferentes classes de cobertura e uso do solo muitas vezes foram agrupadas no mesmo *cluster*, ou seja, na mesma classe nível 1, resultado de respostas espectrais muito parecidas. O número de classes nível 2 que melhor descreveu as diferentes respostas espectrais das 7 classes de cobertura e uso do solo foi de 51. Para cada uma delas foi digitalizada uma ou mais áreas de treinamento, com no mínimo 30 *pixels* visualmente semelhantes entre si (aparentemente homogêneos nas composições coloridas). A associação das diferentes subclasses nível 2 à sua “verdade de campo” foi feita com base em saídas de campo, no *Google Earth* e no conhecimento prévio de boa parte da área de estudo. Os dados de referência, portanto, só estão disponíveis para o mapeamento recente (2000). A partir das informações contidas nas áreas de treinamento, um arquivo de assinaturas foi criado e diferentes métodos de classificação foram aplicados. O que apresentou os melhores resultados em termos de acuracidade (ver item 2.3.2.4) foi o classificador do tipo vizinho mais próximo K (KNN, Idrisi Andes), posteriormente também aplicado às imagens de 1987. As informações espectrais das 51 amostras de treinamento de 2000 foram utilizadas na classificação das imagens de 1987, procedimento adequado uma vez que todas as imagens foram normalizadas em termos radiométricos. Tanto para a classificação de 1987 quanto para 2000 foram utilizados os componentes de brilho, *greenness* e umidade, obtidos a partir de uma transformação *tasseled cap*, que apresentou melhores resultados em testes preliminares de *clustering*, baseado no método “*looks good*”.

Alguns refinamentos pós-classificação foram aplicados a fim de reduzir erros causados pela semelhança na resposta espectral de algumas classes (como entre áreas urbanas e campos nus). Áreas erroneamente classificadas como urbanas no mapa de 2000, mas claramente constituindo campos nus, foram corrigidas manualmente. Partindo do princípio que áreas urbanas não poderiam ser convertidas em outras classes ao longo do tempo, e só tendem a aumentar em extensão, foram isoladas as áreas urbanas de 2000 numa imagem *booleana*. Na construção do mapa de 1987 foi considerada como área urbana se classificada como tal e estando dentro da área classificada como urbana para 2000.

#### **2.2.2.4. Determinação da acuracidade**

O método de classificação mais adequado foi determinado através da determinação da acuracidade dos mapas temáticos por eles gerados. Para isso foram selecionadas amostras que representam a “verdade de campo”, formando um conjunto de dados de referência que, quando comparados com os mapas temáticos fornecem percentuais de “acerto” e outros indicadores estatísticos da qualidade desses mapas. Com base nas observações de Stehman & Czaplewski (1998), foi escolhida uma distribuição randômica de amostras do tipo “ponto”. A utilização de pontos permite a avaliação de áreas circundantes para a sua rotulação, mas ao mesmo tempo evita problemas relacionados às distribuições de polígonos ou *pixels*, que podem conter mais de um tipo vegetal ou de cobertura do solo. Um total de 175 amostras para verificação da “verdade de campo” foi utilizado, o que equivale a um mapa com uma precisão mínima desejada de 80%, 95% de intervalo de confiança, e 5% de nível de erro aceitável (ESRI *et al.*, 1994).

A determinação da classe a qual cada ponto está associado foi feita com base nas saídas de campo anteriores, nas quais foram feitos extensos registros, e em um sobrevôo. O *Google Earth* também foi utilizado, uma vez que disponibiliza imagens de alta precisão para 84 dos 175 pontos de amostragem. Uma vez determinada a classe de cada ponto, os identificadores desses pontos foram modificados e o arquivo vetorial rasterizado, a fim de gerar uma “imagem de referência”, a qual a acuracidade de todos os mapas temáticos está associada.

Para determinar o nível de acuracidade, foi feita a tabulação cruzada entre a imagem de referência e os mapas gerados pelos seis classificadores utilizados. A acuracidade total dos mapas variou entre 61% (método MLP com imagens de brilho, *greenes* e umidade) e 83% (método KNN). A Tabela 3 consiste numa Matriz de Confusão resultante da tabulação cruzada entre a imagem de referência e a imagem classificada pelo método KNN.

**Tabela 3. Resumo das acuracidades do mapeamento de 2000 (matriz de confusão), baseado em imagens Landsat ETM<sup>+</sup>.**

Mapa classificado	Referência							Acuracidade do usuário
	Aquático	Banhados	Urbano	Agricultura	Matas e florestas	Dunas e praias	Florestamentos	
Aquático	0.08	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.67
Banhados	0.00	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.30
Urbano	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.50
Agricultura	0.00	0.01	0.01	0.61	0.02	0.01	0.02	0.91
Matas e florestas	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.00	0.01	0.82
Dunas e praias	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.80
Florestamentos	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.67
<b>Acuracidade do produtor</b>	0.01	0.38	0.25	0.91	0.78	0.67	0.33	<b>0.83 *</b>

\* Acuracidade total

### 2.2.3. Integração dos dados sociais, econômicos e estatísticos

Dados socioeconômicos relacionados aos indicadores de demografia (população rural, urbana e total e taxa de urbanização), contabilidade social (Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos, Produto Interno Bruto e Produto Interno Bruto *per capita*), Índice de Desenvolvimento Socioeconômico, Agricultura (área planta, rendimento e valor da produção), renda média e nível de ocupação na agropecuária foram obtidos através dos órgãos de economia e estatística (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE e Fundação de Economia e Estatística – FEE). O dados foram utilizados na construção de um diagnóstico socioeconômico da região e, em alguns casos, na evolução dos indicadores. Não foi possível testar a correlação estatística dos dados com aspectos espaciais subsidiada por SIG, uma vez que os dados socioeconômicos eleitos são fornecidos para a unidade “município” e não se apresentam contínuos no espaço ou pelo menos com um detalhamento espacial compatível com os aspectos espaciais estudados. Entretanto, a tendência espacial de alguns indicadores é bastante clara, como será demonstrado mais adiante.

### 2.2.4. Análises de mudança do uso do solo e geração de cenários

Com base nos mapas de cobertura e uso do solo nos dois períodos analisados, as principais mudanças ocorridas entre 1987 e 2000 foram detectadas, através de procedimentos de tabulação cruzada. Algumas das mudanças detectadas correspondem, na verdade, a interferências dos diferentes níveis de precipitação no momento de obtenção das imagens e, em alguns casos, aos erros inerentes ao método de mapeamento, muitas vezes resultante da qualidade radiométrica inferior das imagens

mais antigas. Entretanto, embora os dados quantitativos não sejam uma medida altamente exata, evidenciam uma tendência e permitem o mapeamento de onde essas mudanças ocorreram.

Além de fornecer um quadro geral sobre as mudanças ocorridas em termos numéricos e espaciais, as mudanças no uso e cobertura do solo foram usadas para alimentar um modelo de predição de mudanças futuras. Para os entornos da Lagoa dos patos, nem todas as mudanças ocorridas foram utilizadas. Várias delas são decorrentes de processos naturais (a exemplo das transições ocorridas entre banhados e ambientes aquáticos), outras são insignificantes em termos de área impactada e algumas são decorrentes dos erros intrínsecos do método de mapeamento, como dito anteriormente (classes com assinaturas espectrais muito semelhantes). Somente foram consideradas as principais modificações em termos espaciais e que têm como causa as atividades antrópicas, ou seja, aquelas relacionadas aos processos de **desmatamento, urbanização e florestamento**. O efeito da expansão da agricultura está descrito pelo processo de desmatamento. A conversão de campos em novas áreas de agricultura não é possível de ser detectada pelos métodos adotados. Além disso, com base no conhecimento prévio da área, acredita-se se que a ocorrência de campos sem uso humano (pecuária ou agricultura) seja rara.

O modelo de predição de mudanças no uso e cobertura do solo foi construído com base no módulo *Land Change Modeler* (Idrisi Andes), que utiliza uma metodologia baseada em uma rede neural para relacionar forçantes de mudança com as mudanças que efetivamente ocorreram no período estudado. Para a escolha dessas forçantes, um teste estatístico é realizado para detectar possíveis relações entre as forçantes em potencial e as mudanças ocorridas. Essa relação é tanto mais forte quanto mais alto for o valor do índice *Cramer's V*. Diversas variáveis espaciais foram testadas, como altitude, declividade, distância de infra-estruturas e uma série de medidas de contexto. As variáveis com maior poder explanatório das mudanças ocorridas foram, em ordem decrescente, o número de diferentes classes de vegetação e uso do solo por área modificada, o número de diferentes classes geomorfológicas por área modificada, a distância aos acessos (estradas de trânsito permanente e temporário) e a distância das áreas urbanas elevada à 3<sup>o</sup> potência.

Também alimentou o modelo o mapa de zoneamento da silvicultura, obtido com o órgão ambiental estadual (FEPAM). Como o programa de governo que, em princípio, terá maior poder impactante na estrutura da paisagem é o de expansão da silvicultura,

diferentes níveis restrição à silvicultura, segundo o zoneamento da FEPAM, são reconhecidas no modelo e determinam áreas mais ou menos suscetíveis a se tornarem áreas de florestamento (ou seja, com uma probabilidade maior ou menor de transição de “todas a classes” a “florestamentos”).

As quatro variáveis explanatórias, o mapa de restrição à silvicultura e os dois mapas de vegetação e uso do solo (1987 e 2000), através do *Multi-Layer Perceptron* (rede neural), originaram o modelo de predição de mudanças, constituído por equações que descrevem as mudanças ocorridas, com 70% de acuracidade. Foram feitas 2 simulações até o momento: para o ano de 2007 e 2015. A simulação para o ano de 2007 foi realizada somente para avaliar a qualidade do procedimento e o seu resultado foi comparado com áreas conhecidas em seu estado atual, o que mostrou uma boa coerência do modelo. A simulação de 2015 foi feita para a geração de cenário, coincidindo com a data de cenários gerados para outras áreas de conhecimento, como vem sendo realizado pelo governo do estado, a exemplo do “Rumos 2015”. O produto dessa simulação, na verdade, é uma imagem de suscetibilidade à mudança, que varia de 0 (pouco suscetível) a 1 (altamente suscetível). Essa informação, quando combinada ao zoneamento ambiental, permite que esforços sejam focados em áreas mais suscetíveis a mudanças, auxiliando no processo de planejamento. Por exemplo, áreas de preservação ambiental com alta suscetibilidade à mudança devem ser foco de ações que evitem a sua modificação. Já áreas classificadas como de “desenvolvimento” e com alta suscetibilidade à mudança, também devem ser foco de ações, mas para priorizar a instalação de infra-estruturas ou regulação das atividades.

### **2.3. Zoneamento ambiental**

As bases para um desenvolvimento integrado e sustentável fundamentam-se na manutenção das distintas funções ambientais e socioeconômicas das unidades do mosaico ambiental. As primeiras asseguram a manutenção do equilíbrio ecossistêmico, enquanto as segundas, o atendimento das demandas socioeconômicas (Tagliani, 1995). Cada unidade do mosaico apresenta, então, características que lhe confere uma maior ou menor capacidade de suporte e determinadas funções no ambiente. A manutenção de tais funções depende da utilização que se faz deste ambiente, que deve respeitar certas faixas de permissividade. As formas terrestres são moldadas pelos processos geomórficos e o pelo clima, criando um molde heterogêneo para uma região, sobre o

qual o solo, a vegetação e as comunidades animais se desenvolvem, e se organizam em ecossistemas locais (Forman, 1995). Em algumas áreas do globo, os padrões do mosaico da paisagem simplesmente refletem a geomorfologia, embora na maioria das vezes os padrões sejam criados pelas atividades humanas sobre as unidades geomorfológicas. A área de estudo da presente pesquisa está submetida a condições climáticas relativamente homogêneas, fazendo com que a heterogeneidade ambiental encontrada seja resultado da variabilidade geomorfológica e dos usos que se faz dos ambientes.

Assim, com base em aspectos geomorfológicos, na ocorrência de determinados tipos vegetais e de outras áreas de preservação permanente, como determina a Resolução do CONAMA 303/02 e outras leis ambientais, e seguindo a metodologia proposta por Asmus *et al.* (1988) e adaptada por Tagliani (1995), foi gerada uma proposta de macrozoneamento ambiental para os municípios ao longo da costa da Lagoa dos Patos, na qual são definidos níveis de manejo diferenciados de acordo com as características e funções das distintas unidades naturais, resultantes da geomorfologia e das comunidades vegetais, que compõe o mosaico ecossistêmico. Dessa forma, o zoneamento ambiental apontou, numa primeira aproximação, as classes de manejo mais adequadas para cada unidade natural, não considerando nesse momento a intensidade de uso que se faz dessas unidades, aspecto este abordado no estudo da dinâmica regional, através do modelo de previsão de mudança. A área de estudo foi classificada, então, como preservação (Máxima Proteção), conservação (Uso Restrito) ou desenvolvimento (Uso Planejado), de acordo com sua sensibilidade ambiental, como recomendado por Clark (1977) para a construção de uma estrutura de planejamento.

Áreas de preservação fornecem benefícios públicos incalculáveis, como recreação, valor estético ou econômico, proteção à costa, etc, e são intolerantes ao desenvolvimento. Segundo a legislação brasileira, não admitem o uso direto e incluem as dunas vivas, os banhados permanentes, as matas, as florestas, as áreas de margem ao redor dos corpos d'água (de largura variável, dependendo do tamanho do corpo d'água em questão) e as áreas de declividade acima de 45 graus. Tais ambientes desempenham papéis vitais no funcionamento do ecossistema. As dunas vivas e os banhados permanentes (esses últimos correspondentes ao Terraço 5) foram descritos espacialmente com base no mapa geomorfológico. As matas, as florestas e as áreas de margem foram definidas com base no mapa de cobertura e uso do solo. No caso das áreas de margem se fez uso de ferramentas de distância e álgebra com mapas. Já as áreas de alta declividade foram obtidas pelo processamento de imagens SRTM, que



deram origem a um Modelo de Elevação Digital, a partir do qual foram derivados os dados de declividade.

Áreas de conservação, embora não protegidas por lei, apresentam determinadas características e funções ambientais que exigem precauções especiais quanto ao seu uso humano e muitas vezes servem de tampão entre áreas de preservação e desenvolvimento. Em função de problemas relacionados ao alagamento ou drenagem, o desenvolvimento nessas áreas costuma ser caro, com perigos potenciais tanto para a vida selvagem quanto para a propriedade e requer gastos públicos ou privados contínuos para aliviar, prevenir ou reparar danos. Incluem-se nessa categoria as praias, os banhados temporários, as lagoas, os cordões lagunares. As praias e as lagoas foram obtidas através do mapa de cobertura e uso do solo. Os banhados temporários, correspondentes ao Terraço 4, e os cordões lagunares foram mapeados com base na geomorfologia.

Áreas de desenvolvimento, por sua vez, e função de sua fisiografia, drenagem e outros fatores, são mais adequadas ao desenvolvimento, quando comparadas às anteriores, apresentando importância ecológica, recreacional e pública reduzida, embora o seu uso humano deva sempre ser planejado. Inclui-se nessa categoria as dunas obliteradas, os mantos de aspersão eólica e as áreas de planície média (Terraços 1, 2 e 3) e alta (Barreiras I, II e III), todos obtidos através do mapa geomorfológico.

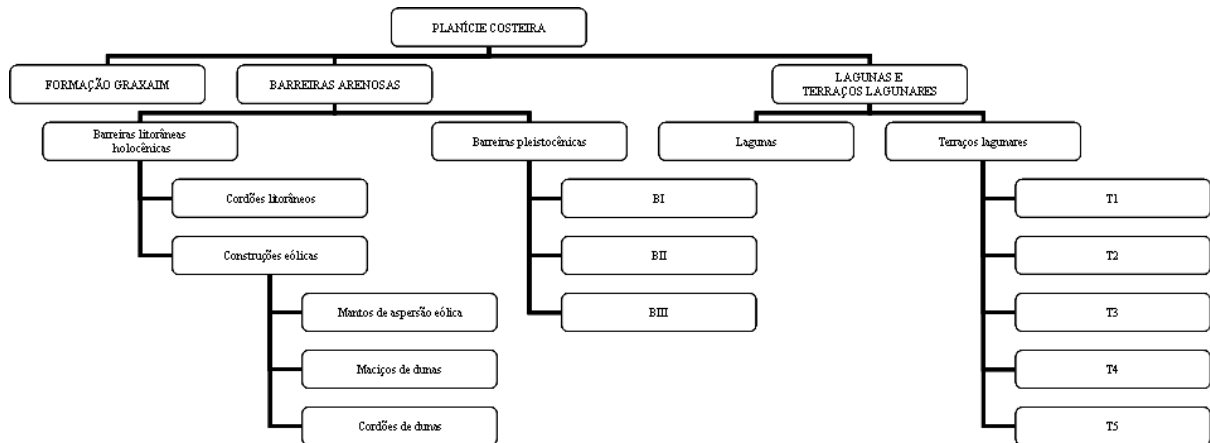
Numa segunda etapa, sobre esse nível de informação, consideraram-se as unidades de conservação em nível estadual e nacional, que também constituem a classe Preservação e foram sobrepostas às demais.

A seguir é apresentada uma breve descrição das unidades geomorfológicas presentes, nas quais foi baseada grande parte do zoneamento ambiental proposto.

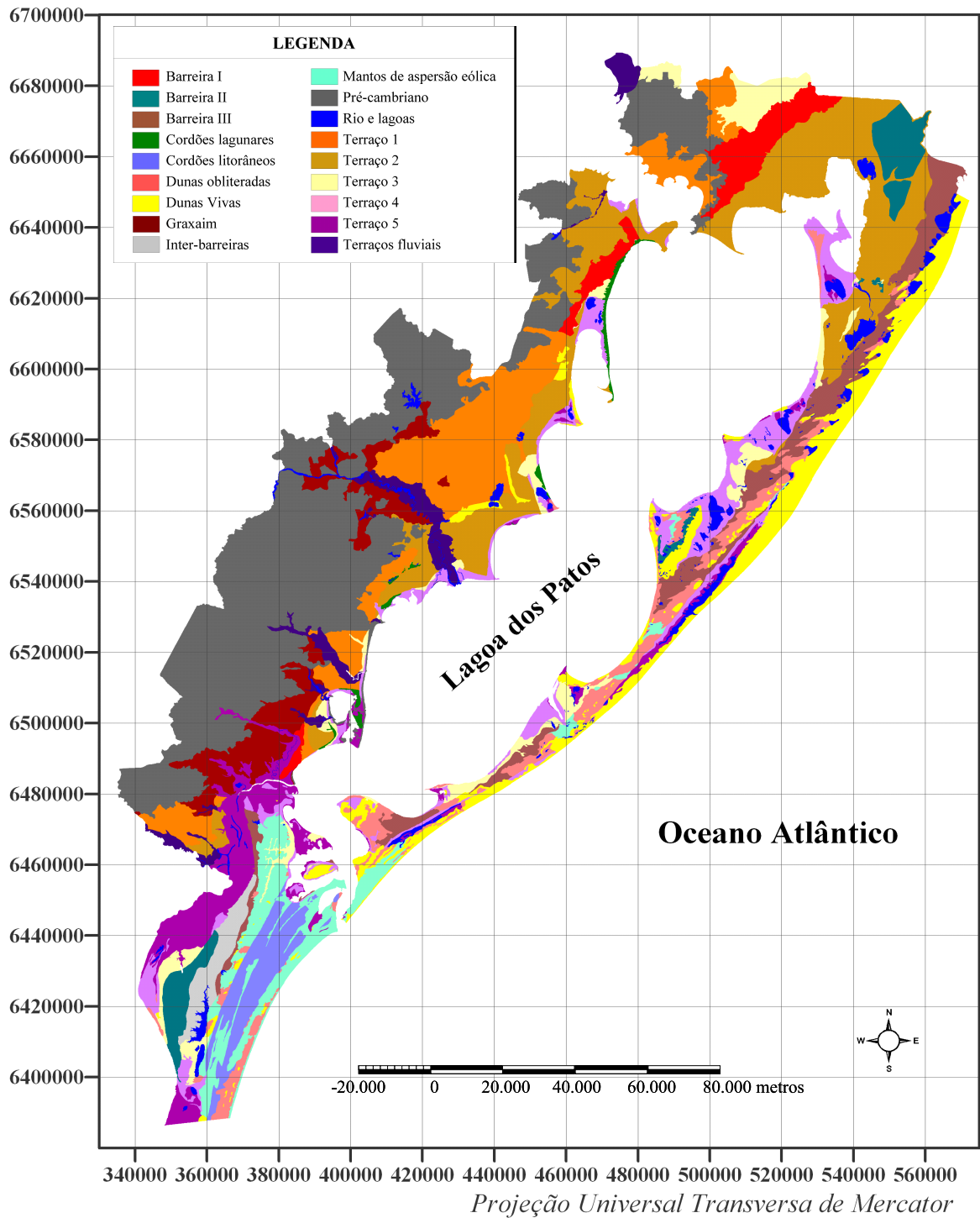
### **2.3.1. Geologia e Geomorfologia regional**

O Rio Grande do Sul é composto por quatro províncias morfológicas principais, a saber: planalto, depressão periférica, escudo e planície costeira. O planalto e a depressão periférica ocupam as partes norte e oeste do estado. A área de estudo situa-se, portanto, sobre o escudo e a planície costeira. Como o foco central do presente trabalho é a zona costeira, poderia se imaginar que o mesmo seria restrito à planície costeira. Entretanto, como visto anteriormente, a zona costeira brasileira é definida com base no “município costeiro”. Assim sendo, os limites políticos dos municípios estudados

muitas vezes ultrapassam as fronteiras da planície costeira, por isso a inclusão de áreas pertencentes ao escudo. A descrição a seguir é baseada no estudo de Long (1989). A Figura 4 apresenta um organograma das unidades geomorfológicas da planície costeira e a Figura 5 o mapa de tais unidades, segundo o mesmo autor.



**Figura 4. Unidades geomorfológicas da planície costeira do Rio Grande do Sul segundo Long (1989).**



Base cartográfica: Long (1989)

Landsat ETM+, 220/081 - 29/11/1999, 221/081-24/02/2000, 221/082 - 12/11/2002, 221/083 - 18/08/2000

**Figura 5. Geomorfologia nos entornos da Lagoa dos Patos – 2000**

A estruturação do Escudo Sul-riograndense está vinculada ao Ciclo Orogênico Brasileiro (450 - 700 m.a.), um evento geodinâmico que remobilizou e rejuvenesceu rochas mais antigas do Cráton do Rio da Prata, que está preservado mais a oeste. Os eventos erosivos posteriores fizeram com que assumisse uma forma arqueada em função dos ajustes isostáticos da crosta. A leste do escudo afloram as rochas granitóides relacionadas a esse último evento geotectônico, as quais serviram de área fonte para a estruturação da Planície Costeira a partir do Terciário.

A província costeira, por sua vez, estende-se por todo o litoral do estado (por aproximadamente 650 km), com largura média de 90 km, e constitui a parte emersa da Bacia de Pelotas. Nas porções próximas ao sopé do escudo, encontram-se depósitos continentais chamados de Formação Graxaim. Mais ao leste, encontram-se quatro barreiras arenosas orientadas segundo o eixo da planície, que aprisionam corpos d'água de tamanho variável, locais de uma importante sedimentação argilosa. A altitude das formações raramente ultrapassa 20 metros de altitude, sendo os pontos mais altos constituídos por formações eólicas. A planície é formada por dois lóbulos que englobam a Lagoa dos Patos ao Norte e a Lagoa Mirim ao Sul, que se comunicam entre si através do Canal São Gonçalo. Dentro da concavidade formada pela interseção desses dois lóbulos, encontramos a desembocadura da Lagoa dos Patos, a única comunicação do sistema lagunar com o Oceano Atlântico. A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada das unidades formadoras da planície costeira.

### ***Formação Graxaim***

A formação graxaim é basicamente constituída de arcósia, derivada do escudo granítico, recoberta por depósitos terciários a oeste da Lagoa dos Patos. Apresenta duas fácies principais: uma conglomerática e outra areno-siltosa. A fácie conglomerática é encontrada na borda oeste da planície costeira, ao sopé do escudo e fortemente condicionada por sua proximidade com ele. A fácie areno-siltosa possui quatro componentes principais (areias ferruginosas, arenitos de granulometria fina, argilas arenosas com concreções ferruginosas, argilas escuras com detritos vegetais), é melhor classificada que a conglomerática e representa cerca de 75% dos afloramentos.

### ***Cordões litorâneos***

Encontrados ao sul da região, apresentam-se oblíquos 15° em relação à linha de costa atual. Próximo à desembocadura da Lagoa dos Patos podem ser distinguidas cinco

séries de cordões, com uma extensão de cerca de 13 km. Com espaços de 40 metros entre um e outro, totalizam aproximadamente 325 cordões. Sua origem tem diversas hipóteses.

### ***Construções eólicas***

- Mantos de aspersão: tiveram sua formação em dunas que, isoladas de sua fonte sedimentar, sofreram um processo de deflação pelos ventos N-E.

- Cordões de dunas: formados por um vasto conjunto de dunas parabólicas bem formadas, com um volume de areia bem maior que o dos mantos.

- Lineações secundárias: a formação das construções eólicas acima descritas foi acompanhada por lineações secundárias superpostas às lineações primárias, que são os cordões litorâneos. Foram formadas com o desenvolvimento dos mantos de aspersão ou pela migração de grandes dunas.

### ***Barreiras pleistocênicas***

De fácil observação por imagens de satélite, a planície costeira mostra, alongadas segundo seu eixo, a existência de 3 gerações de barreiras litorâneas. A Barreira I é a mais antiga e encontra-se apoiada no escudo em Porto Alegre e em Pelotas, apresentando altitude média de 40 metros. A Barreira II, intermediária, com altura média de 20 metros, encontra-se ao leste das grandes lagoas, sendo melhor desenvolvida na região da Lagoa Mirim. É bem mais reduzida ao longo da Lagoa dos Patos, com um pequeno segmento perto de Mostardas e outro perto da Lagoa do Casamento, próximo a Osório. A Barreira III, formada por areias amarelo-alaranjadas, é a mais contínua, estende-se de Osório ao Chuí, apresentando duas interrupções: uma no Taim e outra na desembocadura da Lagoa dos Patos.

### ***Lagunas e terraços lagunares***

As depressões da planície costeira são ocupadas por um extenso sistema lagunar, do qual a Lagoa dos Patos é o maior representante, com cerca de 250 km de extensão, largura média de 60 km e é alongada paralelamente ao eixo da planície costeira. É caracterizada por um fundo relativamente plano, de cerca de 6-7 metros de profundidade, sobre o qual progridem pontais e barras arenosas construídas por células de circulação. Na zona estuarina, sua profundidade é menor que 1 metros, embora possa alcançar profundidades de cerca de 20 metros na zona do canal. A Lagoa dos Patos e a

Lagoa Mirim são contornadas por cinco níveis de depósitos lagunares horizontais, limitados por escarpas arenosas e dispostos em terraços. São eles: Terraço 1 (T1, 8 metros de altitude), Terraço 2 (T2, 6 metros de altitude), Terraço 3 (T3, 2 metros de altitude) e Terraço 5 (T5, no nível de deposição atual, que corresponde ao zero marinho).

O T1 é bem desenvolvido a oeste da planície costeira, onde faz seqüência à formação graxaim, repousando sobre ela ou sobre o escudo. É o único terraço lagunar da parte brasileira da planície costeira que pode ser considerado de idade pleistocênica.

O T2 é melhor desenvolvido a oeste e norte da Lagoa dos Patos, bem como a oeste e sul da Lagoa Mirim. Nele são ausentes as lagunas aprisionadas entre as barreiras múltiplas pleistocênica e a barreira holocênica. É limitado por um talude de 3-4 metros.

O T3 é o menos conhecido. Isola muitas baías, como a Lagoa Pequena, o Saco de Tapes, o Saco do Rincão e a Lagoa das Desertas. É o resultado de uma queda no nível do mar que provocou um importante reajuste na geometria da lagoa. A estabilização do nível do mar a 2 metros (sua altitude) foi de curta duração, o acúmulo de novas zonas protegidas não foi acionado nesse estágio. Seu limite com o T4 é marcado por um desnível de 1-1,5 metros.

O T4 é bem desenvolvido na margem leste da Lagoa dos Patos e Mirim. Corresponde a um terraço formado no episódio precedente e inclui as terras inundáveis no período de inverno.

O T5, por sua vez, encontra-se no nível de deposição atual. Não pode ser considerado como um terraço propriamente dito, pois não está acima do nível da água que ocorre em períodos de seca prolongada. Resulta, entretanto, do mesmo processo, podendo ser observada diretamente a deposição daquilo que se tornará um terraço lagunar.

### 3. Resultados e discussão

---

#### 3.1. A perspectiva histórica das mudanças no uso do solo na região

O modelo de predição de mudanças apresentado no presente trabalho define como forçantes principais parâmetros físicos, relacionando a maior suscetibilidade a mudanças de uma determinada área a aspectos geomorfológicos e de configuração do uso do solo. Entretanto, a validade desse modelo depende de processos que ocorrem em outros níveis de tomada de decisão, sem necessariamente ter relação espacial com as áreas afetadas. Segundo Lambin *et al.* (2001), mudanças na cobertura do solo são ocasionadas pela resposta das pessoas a oportunidades econômicas, mediadas por fatores institucionais, sendo as oportunidades e restrições aos novos usos da terra criadas pelas políticas e mercados locais e nacionais, onde forçantes globais se tornam as principais determinantes de tais mudanças, uma vez que amplificam ou atenuam fatores locais. Sendo assim, à medida que novos programas de governo e políticas surgem, o modelo deve ser reavaliado, pois o peso das variáveis na determinação de mudanças pode ser alterado, e novas variáveis podem ser necessárias. Nas seções subseqüentes, as forçantes de mercado e oriundas de programas governamentais serão referidas como **funções de força**, e as forçantes ambientais, que determinam a maior ou menor suscetibilidade dos ambientes à mudança, como **condicionantes**.

Ao longo dessa seção, é feito um breve histórico de como as políticas e o mercado (funções de força) vêm direcionando a ocupação e uso do território na região, desde a sua colonização.

O território correspondente aos atuais municípios pertencentes à área de estudo foi basicamente colonizado por portugueses e alemães. A colonização portuguesa no Rio Grande do Sul iniciou em meados do século XVIII (Queiroz, 1994), e deveria priorizar a região das Missões, segundo os planos do Império Português. Com a invasão espanhola de Rio Grande (em 1763), os portugueses passaram a ocupar diversas praças militares, incluindo, por exemplo, São José do Norte, Guaíba, Capivari do Sul, Tavares e Mostardas. Inicialmente utilizando pequenas parcelas de terra e residindo em vilas, os colonos açorianos introduziram a policultura na região. Entretanto, vivendo em uma região de conflitos constantes e cercados de grandes propriedades, os colonos açorianos

acabaram por se transformar gradativamente em estancieiros. O gado, introduzido pelos jesuítas no Rio Grande do Sul no século XVII, auxiliou no processo de fixação de habitantes, se tornando a atividade econômica principal dos estancieiros que aqui se instalavam (Magalhães, 2002).

Nessa época, o gado gaúcho passava por uma crescente valorização em função do ciclo da mineração, que envolvia os estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso. Uma forte seca devastou os rebanhos dos estados mais ao norte do país e em 1779 é registrada a chegada de José Pinto Martins, retirante da seca, que estabelece a primeira charqueada industrial na Vila do Rio Grande, nas margens do Arroio Pelotas. Para que a carne chegasse ao seu consumidor destino em condições adequadas, precisava passar por um processo de secagem, o que disseminou a atividade em várias localidades ao longo das margens da Lagoa dos Patos, consolidando a atividade no século XIX. Cerca de 200 firmas foram registradas, acumulando fortunas e rendendo títulos de nobreza, principalmente na região de Pelotas.

Em 1884, a abolição da escravidão trouxe impactos significativos às charqueadas que utilizavam a mão-de-obra escrava em sua produção e tinham no escravo um dos seus principais consumidores ao longo do país. Alguns anos depois, em 1910, o advento dos frigoríficos praticamente encerrou o ciclo do charque. Nesse momento, os charqueadores passaram a se dedicar à cultura do arroz, que permanece até hoje como a cultura dominante na região. Antes de tomar um caráter industrial, o arroz do tipo sequeiro já era cultivado pelos portugueses. Mas foi através da colonização alemã, que teve início no século XIX, baseada em uma agropecuária especializada, que o arroz irrigado começou a ser cultivado e produzido em escala comercial nas margens da Lagoa dos Patos (Beskow, 1986). O processo de irrigação pressupunha um suporte mecânico, com isso, o domínio de algumas tecnologias que grande parte dos agricultores não tinha acesso. Esse tipo de *background* levou mais tarde, a partir da revolução de 30, à escolha de imigrantes europeus para o preenchimento de “vazios”, meta do projeto nacional da época (Gehlen, 2004). A configuração de grandes propriedades não era uma característica exclusiva da região, o Brasil como um todo era caracterizado pela concentração do espaço físico e poder social em grandes plantações voltadas para os cultivos destinados aos mercados internacionais (Garcia e& Palmeira, 2001).

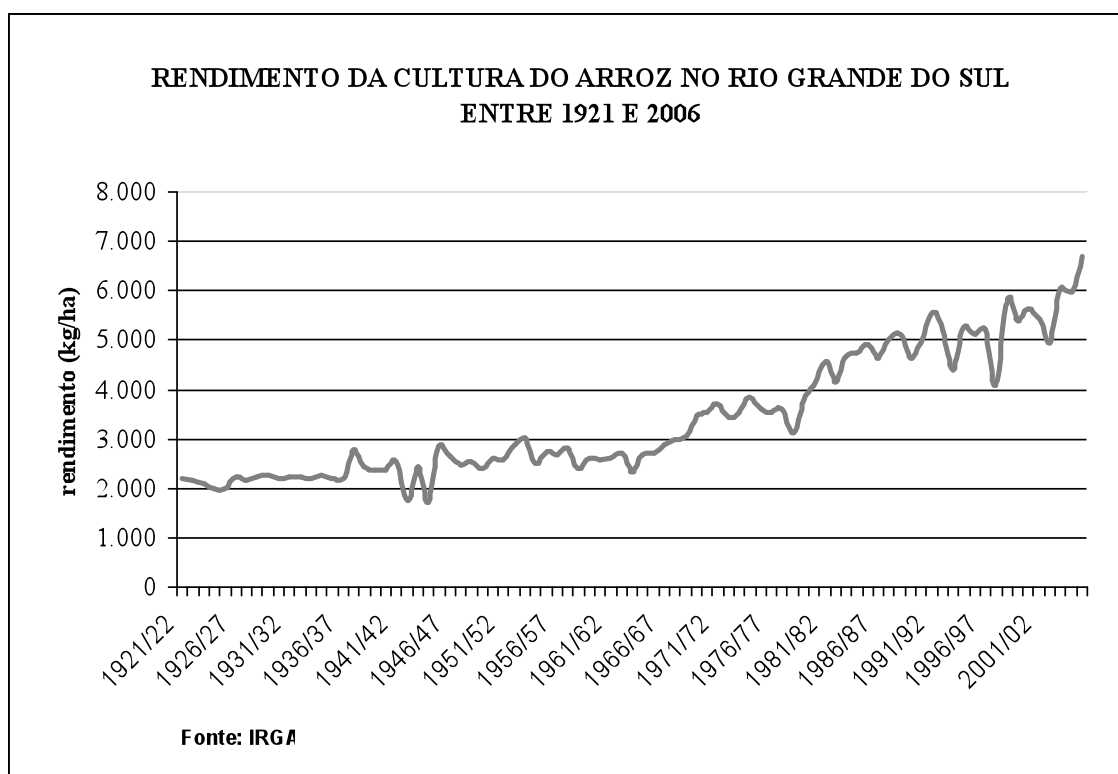
Durante os anos 50 e 60, a Comissão Econômica para a América Latina (CEPAL) apontou que o desenvolvimento dos países do terceiro mundo dependia



necessariamente um programa de substituição das importações. Tal programa “pavimentaria o caminho” para o desenvolvimento do setor industrial, com suficiente acumulação de capital que possibilitaria um desenvolvimento econômico auto-sustentável e duradouro. No Brasil, o setor mais capitalizado da economia era a agricultura. Entre 1949 e 1982, a produção de alimentos cresceu em média 3% ao ano (Pessoa, 2008a). Segundo os dados do IRGA, o crescimento da produção de arroz no Rio Grande do Sul foi de 4% no mesmo período (IRGA, 2006). Durante os anos 60, um processo de transformação tecnológica levou a um uso mais intensivo da mecanização, aumentando substancialmente a produtividade do trabalho, incorporando o uso de fertilizantes e pesticidas e finalmente chegando ao uso de variedades melhoradas geneticamente. Tal processo ficou conhecido como “Revolução Verde”. Durante os anos 70, o uso de tratores na agricultura nacional dobrou e o uso de fertilizantes químicos quadruplicou. No Rio Grande do Sul, especificamente para o arroz, o impacto do uso de tecnologias na produtividade ficou evidente a partir do início da década de 70, como mostra a Figura 6. Se por um lado a inserção de novas tecnologias aumentava a produtividade (tonelagem obtida por área plantada), a política de crédito rural subsidiado, introduzida após a consolidação do programa de substituição de importações através do Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento, permitiu a expansão das fronteiras agrícolas, levando a um crescimento sem precedentes da agricultura no país. A região sul e sudeste, bem como as culturas voltadas à exportação foram favorecidas por tal política, em detrimento das outras. Como o Estado foi o principal agente responsável pelos investimentos, cuja maior parte foi obtida pelo sistema de financiamento internacional, o débito gerado foi responsável em parte pela crise fiscal dos anos 80 (Pessoa, 2008b). Com a crise fiscal estabelecida, a estratégia baseada no crédito rural entrou em declínio e os investimentos e subsídios para o setor foram drasticamente reduzidos, indicando que a agricultura não sustentaria suas taxas de crescimento até então. Entretanto, a agricultura foi o único setor que aumentou sua produtividade durante a década de 80, devido, muito provavelmente, aos investimentos em tecnologia ocorridos na década anterior.

Apesar de que a contribuição da agricultura para a economia do país ter declinado em função do processo de industrialização, ela ainda é fundamental. Mais de um quarto das exportações brasileiras ainda é originado pelo setor. Entretanto, os economistas alertam que a agricultura brasileira não tem crescido significativamente nos últimos anos e recomendam que as restrições para o seu crescimento sejam identificadas

e eliminadas (Pessoa, 2008c). É importante ressaltar que análises econômicas desse tipo, que mais tarde podem resultar em políticas, não incorporam o tema uso do solo. Mesmo as publicações em economia ambiental, que discorrem extensivamente sobre os recursos naturais e suas questões políticas, ignoram o tema uso do solo. A razão que leva os economistas a não atentar para tal como um elemento de ligação entre o ambiente e o sistema econômico é o fato de que os economistas têm sérios problemas em lidar com o espaço em suas construções teóricas (Van der Veen & Otter, 2001). Essa lacuna pode resultar em sérias conseqüências para o meio, uma vez que vários processos econômicos são fundamentalmente espaciais em sua natureza.



**Figura 6. Rendimento da cultura do arroz no Rio Grande do Sul entre 1921 e 2006.**

Atualmente, dentre os programas do governo estadual, aqueles que apresentam maior significância em termos espaciais são dois: o Programa Arroz RS e o Programa Estadual de Florestamento. O primeiro, entretanto, não inclui seus objetivos a expansão da atividade, mas medidas voltadas ao aumento da rentabilidade. Já o segundo deve ser o grande modificar do uso e cobertura do solo no futuro próximo. Ao contrário do que

aconteceu na cultura do arroz, que se desenvolveu sem um planejamento prévio, a silvicultura está regulada pelo zoneamento ambiental da atividade, apesar do processo de licenciamento e do mapeamento resultante ter sido fortemente impactado por pressões políticas e econômicas (Peres, 2008<sup>\*\*\*</sup>).

### **3.2. Quadro socioeconômico regional**

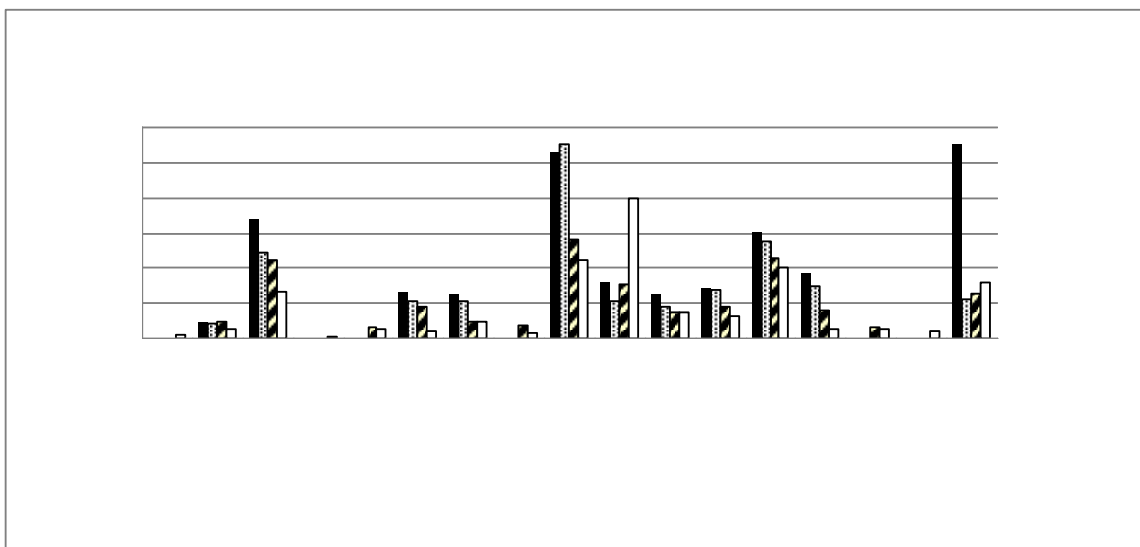
Os resultados a seguir referem-se aos indicadores de demografia (população rural, urbana e total e taxa de urbanização), contabilidade social (Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos, Produto Interno Bruto e Produto Interno Bruto *per capita*), Índice de Desenvolvimento Socioeconômico e Agricultura (área planta, rendimento e valor da produção). Os períodos analisados variam de acordo com a disponibilidade dos dados e com a necessidade de detalhamento temporal de cada indicador. Também foram analisados para o ano de 2000 o número de pessoas ocupadas na agropecuária e a renda média em cada município. Os gráficos referentes aos aspectos considerados mais significativos encontram-se ao longo do texto. Os dados brutos de todos os indicadores citados encontram-se nos Anexos.

#### **3.2.1. Demografia**

Praticamente todos os municípios apresentaram uma diminuição na população rural entre 1970 e 2000 (Figura 7). Mesmo aqueles municípios com um caráter mais rural (taxa de urbanização abaixo de 60%), como São Lourenço do Sul, Mostardas e Cristal, vem passando por um processo de urbanização. Os municípios que tiveram sua população rural mais reduzida foram Guaíba e Viamão, que vem se tornando cidades dormitório de Porto Alegre. Tapes também apresenta uma grande queda na população rural neste período, mas esse município deve ser analisado com cautela, pois perdeu parte de seu território, e conseqüentemente de habitantes, com a criação de Arambaré e Sentinela do Sul na década de 90. Exceção à tendência de população rural em queda é encontrada para Porto Alegre, o que demonstra, na verdade, a expansão da ocupação urbana em direção as áreas anteriormente demarcadas oficialmente como rurais, o que mascara os dados de censo.

---

<sup>\*\*\*</sup> Peres, M.B. 2008. Comunicação Pessoal. Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler.



**Figura 7. População rural nos municípios da região entre 1970 e 2000.**

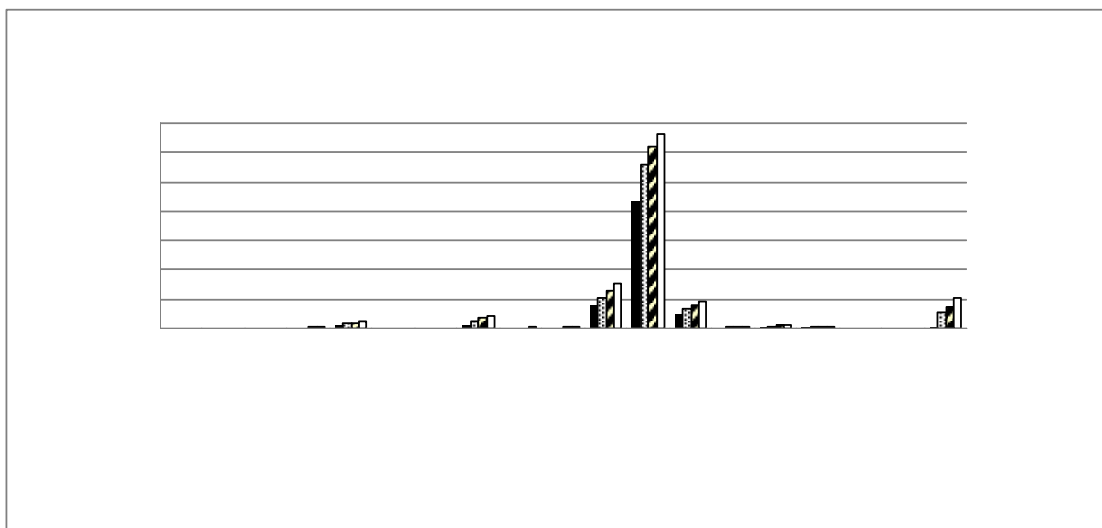
A população urbana, por outro lado, cresceu em todos os municípios estudados. Destacam-se os municípios de Viamão, Guaíba, Mostardas e São Jose do Norte, que tiveram aumentos na ordem de 300%. Todos os outros municípios também aumentaram a sua população urbana (a maioria duplicou seus números). Exceção em Porto Alegre, apresentando um crescimento de cerca de 50% nas últimas 3 décadas. Tal crescimento foi limitado pela valorização imobiliária dos lotes em Porto Alegre a partir da década de 50 (Fujimoto, 2008\*\*\*\*), o que tem levado ao crescimento exacerbado de seus municípios vizinhos, a exemplo de Guaíba e Viamão. Considerando os valores absolutos, a população urbana está concentrada da região de Porto Alegre (incluindo Viamão e Guaíba) e de Rio Grande – Pelotas. Esses municípios concentram cerca de 85% da população urbana da região. Porto Alegre, se considerada isoladamente, concentra quase 60% da população urbana na região. Camaquã também apresenta uma população urbana considerável, embora bem menos expressiva do que os outros municípios citados (Figura 8).

Considerando a população total, os municípios que apresentaram crescimento destacado foram Guaíba e Viamão, novamente, por influencia do crescimento de Porto Alegre (Figura 9). Os municípios que apresentaram os menores aumentos foram os

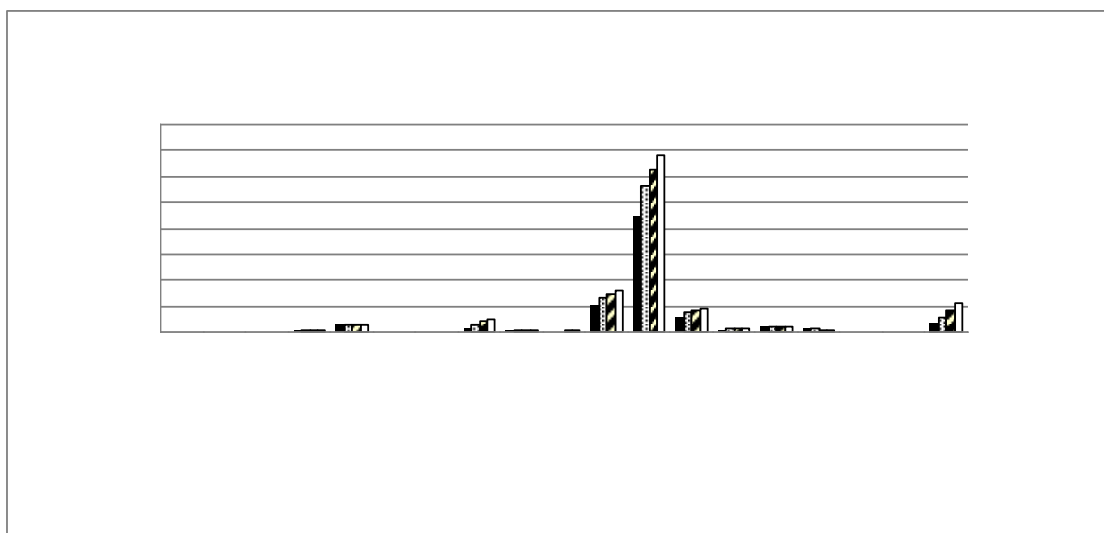
---

\*\*\*\* Fujimoto, N.S.M. 2008. Comunicação Pessoal. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

pertencentes a costa oeste da Lagoa dos Patos, com exceção de Pelotas que, da mesma forma que Rio Grande, cresceu em termos populacionais cerca de 50%. Os municípios da costa leste, por sua vez, cresceram em torno de 60%, principalmente em São José do Norte. Mostardas sofreu um decréscimo, em função da criação de Palmares do Sul e Tavares na década de 80.



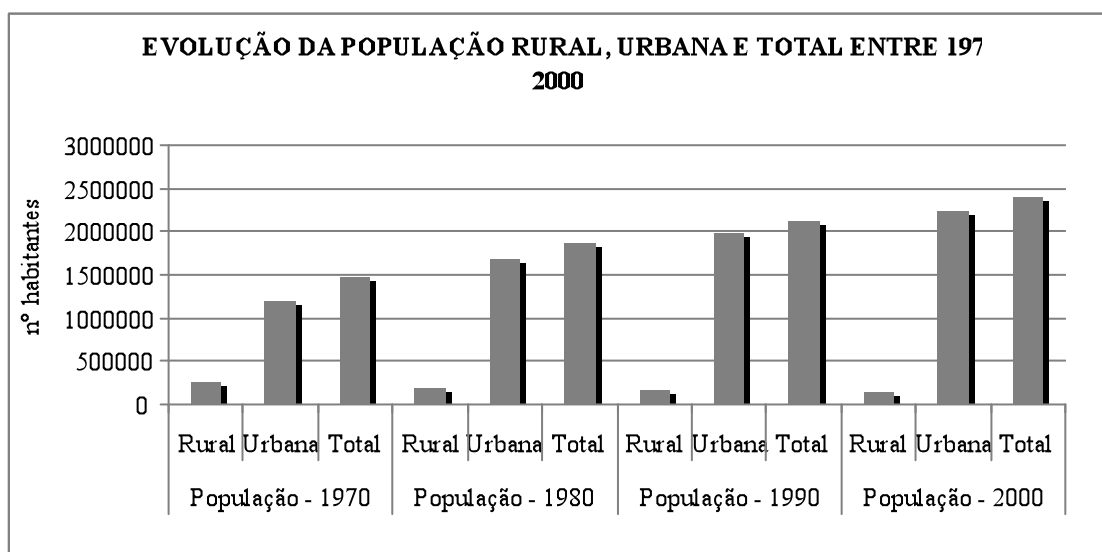
**Figura 8. População urbana nos municípios da região entre 1970 e 2000.**



**Figura 9. População total nos municípios da região entre 1970 e 2000.**

Tomando a população da região como um todo, de 1970 a 2000 a população rural diminuiu gradativamente enquanto que a população urbana e total cresceu (Figura 10). As taxas de urbanização entre 1970, 1980, 1990 e 2000 aumentaram para todos os municípios.

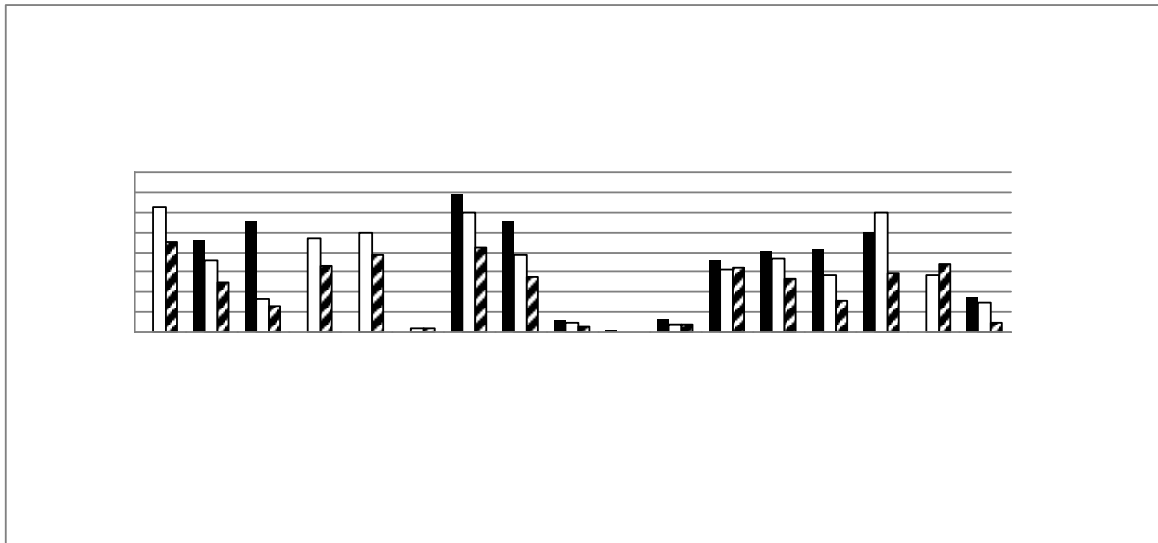
Em termos absolutos, Porto Alegre foi o município onde a população mais cresceu, com um aporte de cerca de 500.000 habitantes entre 1970 e 2000, seguida por Viamão (160.000), Pelotas (115.000), Rio Grande (70.000) e Guaíba (60.000).



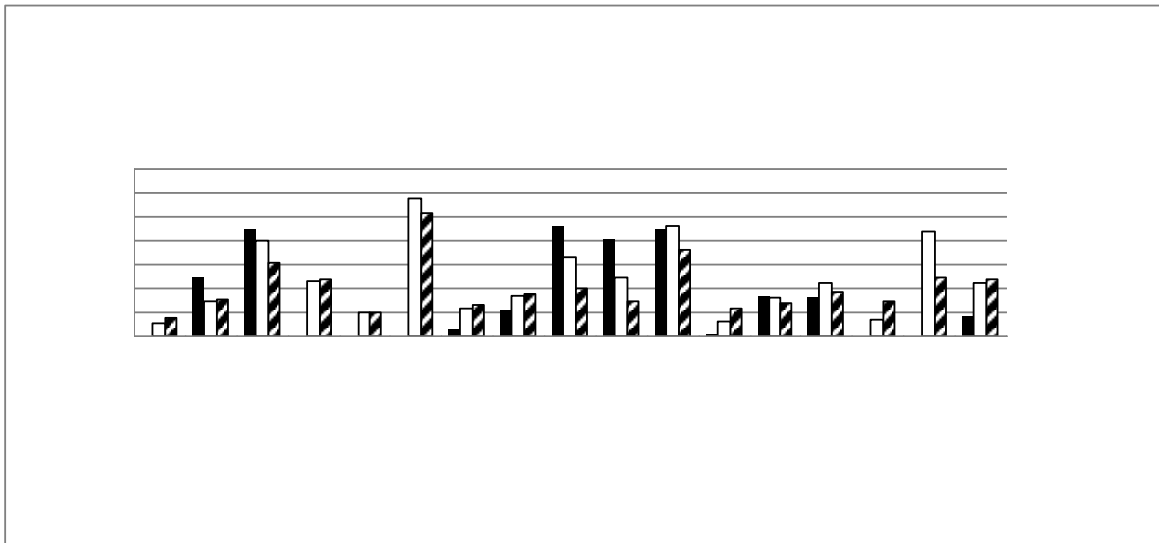
**Figura 10. População rural, urbana e total na região entre 1970 e 2000.**

### 3.2.2. Contabilidade Social

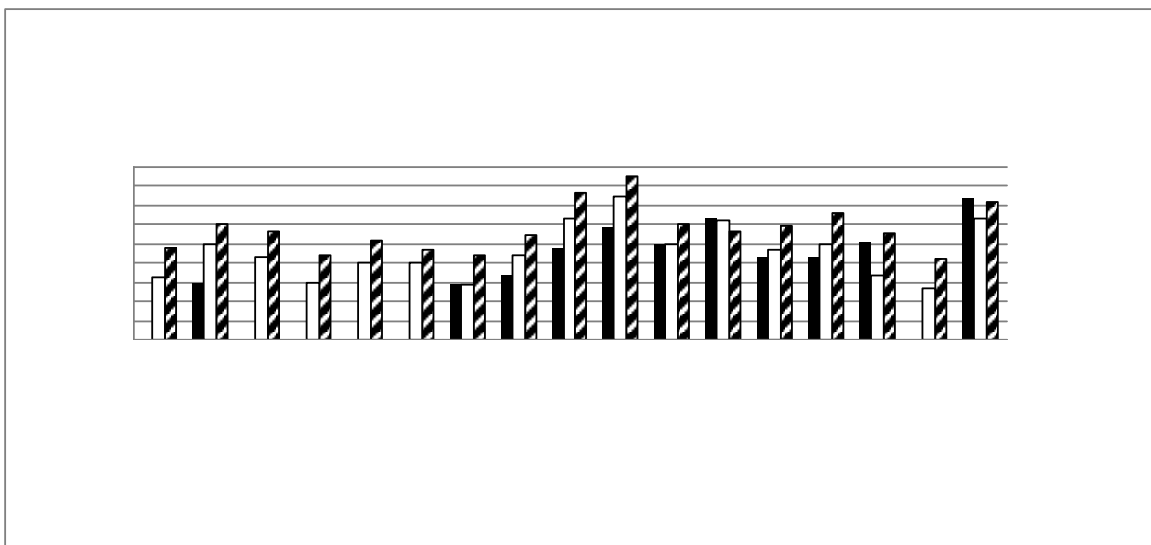
A contribuição percentual da agropecuária na composição do PIB sofreu uma queda entre 1985 e 2005 em quase todos os municípios estudados (com exceção de Turuçu, entre 1999 e 2005) (Figura 11). A redução relativa da contribuição da agropecuária se deve parcialmente ao processo de industrialização do estado: os municípios ao leste e ao norte da lagoa, com exceção de Porto Alegre, apresentam uma contribuição crescente do setor industrial (São José do Norte, Tavares, Mostardas, Palmares do Sul e Capivari do Sul), enquanto que na maioria dos outros municípios tal contribuição vem diminuindo (Figura 12). O setor serviços, por sua vez, tem aumentando sua contribuição na maioria dos municípios (Figura 13), com destaque para a região de Porto Alegre.



**Figura 11. Contribuição da agropecuária no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos nos municípios da região entre 1985 e 2005.**



**Figura 12. Contribuição da indústria no Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos nos municípios da região entre 1985 e 2005.**



**Figura 13. Contribuição dos serviços no VAB a Preços Básicos entre 1985 e 2005.**

A agropecuária ainda possui uma contribuição destacada (cerca de 30% ou mais) nos municípios da costa leste (São José do Norte, Tavares e Mostardas) e parte da norte (Capivari do Sul e Palmares do Sul) e nos municípios vizinhos da costa oeste Arambaré, Cristal, São Lourenço do Sul e Turuçu. O setor industrial mantém-se com uma contribuição relativa destacada em Guaíba, onde contribui com mais de 50% do PIB, e em Rio Grande (36%), e secundariamente em Camaquã, Turuçu e Pelotas (cerca de 20%), embora para esses últimos municípios tal contribuição venha caindo ao longo dos anos.

### **3.2.3. Índice de Desenvolvimento Socioeconômico**

O Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDESE) foi elaborado pela Fundação de Economia e Estatística (FEE) e tem o objetivo medir o grau de desenvolvimento dos municípios, através de quatro blocos de indicadores (Domicílio e Saneamento, Educação, Saúde e Renda). Para cada uma das variáveis componentes dos blocos é calculado um Índice, entre 0 (nenhum desenvolvimento) e 1 (desenvolvimento total), que indica a posição relativa para os municípios. São fixados, a partir disto, valores de referência máximo (1) e mínimo (0) de cada variável. São considerados os seguintes indicadores na composição de cada bloco:

- Domicílio e Saneamento: proporção de domicílios abastecidos com água tratada, proporção de domicílios atendidos pela rede geral de esgoto ou pluvial e média de moradores por município.

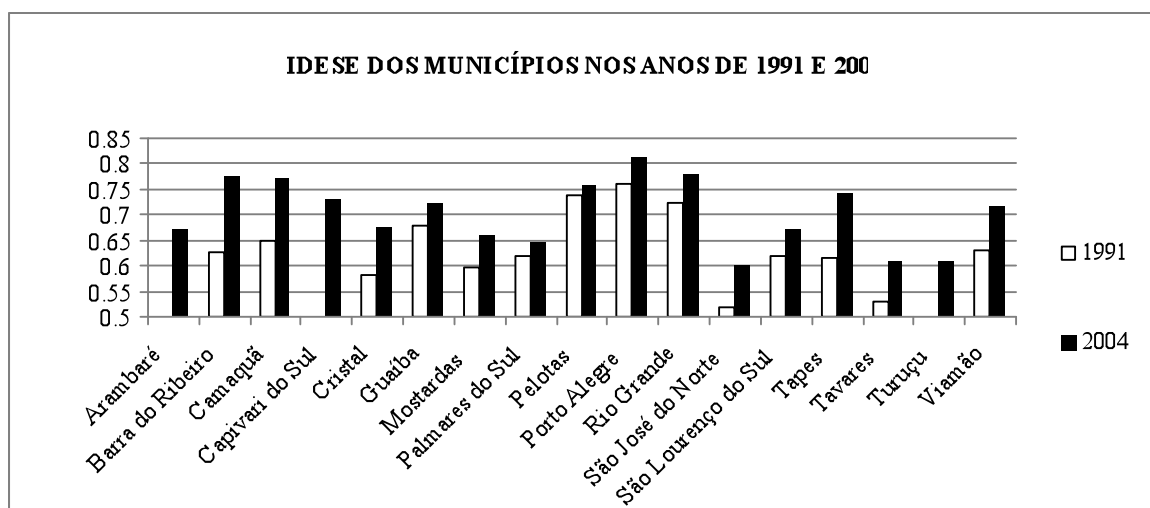


- Educação: taxa de analfabetismo de pessoas de 15 anos e mais de idade, taxa de evasão no ensino fundamental, taxa de reprovação no ensino fundamental e taxa de atendimento no ensino médio.

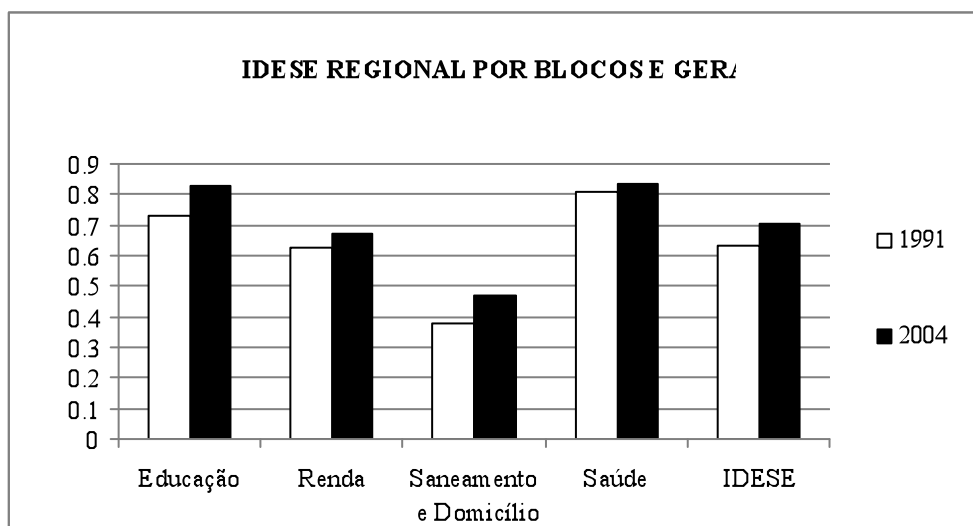
- Saúde: percentual de crianças nascidas com pouco peso, taxa de mortalidade de menores de 5 anos e a expectativa de vida ao nascer.

- Renda: Produto Interno Bruto *per capita* e Valor Adicionado Bruto *per capita* do comércio, alojamento e alimentação.

Foi analisado o IDESE dos municípios nos anos de 1991 e 2004. Nesse período, todos os municípios estudados apresentaram uma melhora (Figura 14). Considerando a região como o todo, cada um dos blocos formadores do índice também apresentou melhora (Figura 15). Destacam-se os blocos da saúde e educação, que apresentam em média os melhores índices. A educação, além disso, foi o bloco que apresentou a melhora mais significativa (25% na média dos municípios), destacando-se os municípios de Tavares, Tapes, Barra do Ribeiro e Camaquã e, secundariamente, São José do Norte e Cristal. As quedas em blocos específicos foram poucas (inferiores a 5%), tendo ocorrido para Palmares do Sul (no bloco saúde e renda), e ainda para Pelotas e Tavares (no bloco renda).



**Figura 14. Índice de Desenvolvimento Socioeconômico dos municípios da região em 1991 e 2004.**



**Figura 15. IDESE por blocos e geral da região em 1991 e 2004.**

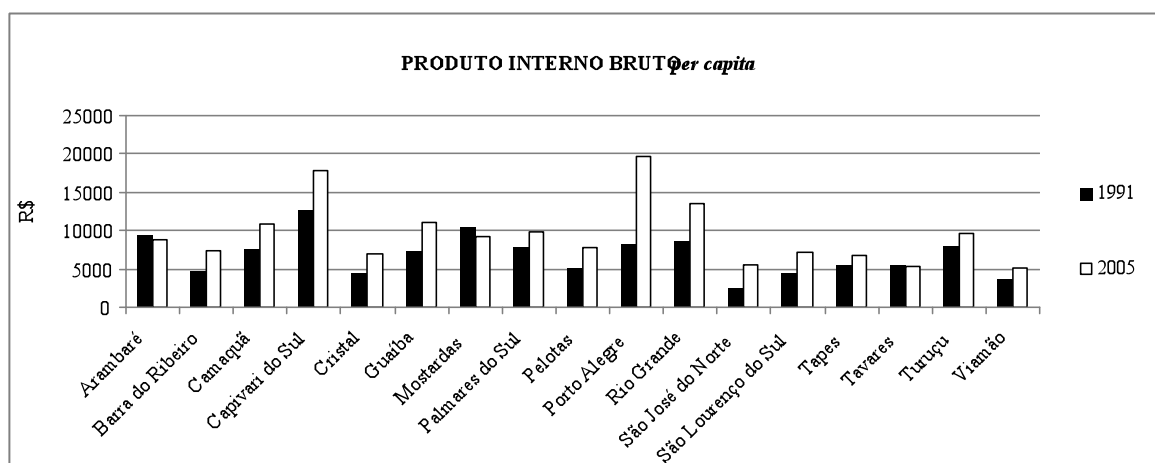
Considerando a ordem (*ranking*) entre os municípios, Porto Alegre lidera nos dois períodos analisados. Os municípios que mais perderam posição foram Palmares do Sul (cinco posições), Barra do Ribeiro e Guaíba (quatro posições). Ainda caíram Pelotas, Viamão e São José do Norte em três posições e Mostardas e Tavares em duas. Os municípios que mais ganharam posições foram Barra do Ribeiro e Tapes (quatro). Também subiram do ranking Cristal (duas posições), Camaquã e Rio Grande (uma posição). Para o ano de 2004, os municípios apresentam as seguintes posições: 1° Porto Alegre, 2° Rio Grande, 3° Barra do Ribeiro, 4° Camaquã, 5° Pelotas, 6° Tapes, 7° Capivari do Sul, 8° Guaíba, 9° Viamão, 10° Cristal, 11° Arambaré, 12° São Lourenço do Sul, 13° Mostardas, 14° Palmares do Sul, 15° Tavares, 16° Turuçu e 17° São José do Norte.

#### **3.2.4. PIB e PIB *per capita***

Os maiores valores de Produto Interno Bruto *per capita* em 2005 foram encontrados para Porto Alegre e Capivari do Sul, seguido de Rio Grande. Capivari já apresentava o maior valor de PIB *per capita* em 1991, mas Porto Alegre mais que dobrou esse valor entre 1991 e 2005 (Figura 16), principalmente pela contribuição do setor de serviços, que também dobrou nesse período. Porto Alegre e sua região metropolitana exercem o comando regional no setor terciário da economia, não só pelo tamanho do produto, mas também pela estrutura “completa” de serviços de que dispõe e

das intensas relações intersetoriais estabelecidas com os setores (agropecuária, indústria e serviços) de outros municípios e regiões no estado (Alonso, 2007). Em termos absolutos, o PIB de Capivari do Sul é cerca de 300 vezes inferior ao de Porto Alegre, mas como a sua população total é a menor da região, com cerca de 3.000 habitantes, o PIB *per capita* acaba por se sobressair quando comparado aos outros municípios. Excluída Porto Alegre, os maiores valores de PIB são apresentados por Pelotas e Rio Grande, seguidos de Guaíba e Viamão.

Em termos de crescimento, entre 1999 e 2005, São José do Norte foi o município que apresentou os maiores aumentos de PIB *per capita* da região. A contribuição da agricultura se manteve a mesma nesse período, entretanto a da indústria praticamente dobrou. Os outros municípios também apresentaram crescimento, a maioria em torno de 50%, com exceção de Arambaré, Mostardas e Tavares.



**Figura 16. Produto Interno Bruto *per capita* dos municípios da região em 1991 e 2005.**

### 3.2.5. Agricultura

Embora sejam cultivados na região 40 produtos agrícolas diferentes, cerca de 95% da área plantada é dedicada ao cultivo de 7 produtos. O arroz se apresenta como a cultura dominante. Em 1991 já compreendia mais de 50% da área plantada total, e continua a aumentar (Figuras 17 e 18), enquanto que outras culturas diminuem, uma vez que a área plantada total, somando todas as culturas, se mantém praticamente igual, com uma leve queda entre 1991 e 2001. Em quase todos os municípios, a área dedicada a cultura do arroz aumentou entre 1991 e 2006. Comparado às outras duas culturas

dominantes em termos espaciais (o milho e a soja), o arroz apresenta um valor obtido por hectare cerca de 3,5 vezes maior, o que justificaria a substituição dessas. Além disso, entre 1991 e 2006, apresentou um aumento no rendimento (kg/ha) de quase 50%, resultado do aporte tecnológico das últimas décadas (ver item 3.1).

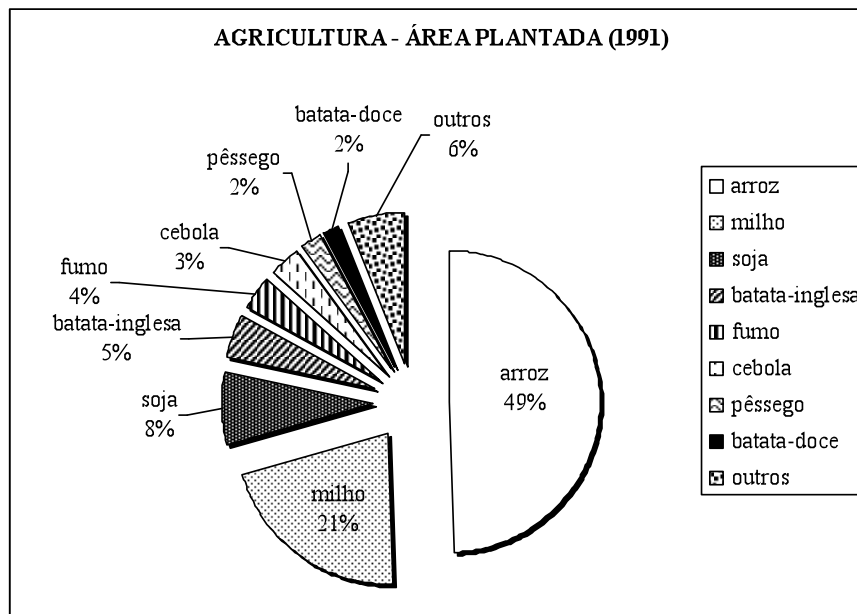


Figura 17. Agricultura: área plantada das principais culturas da região em 1991.

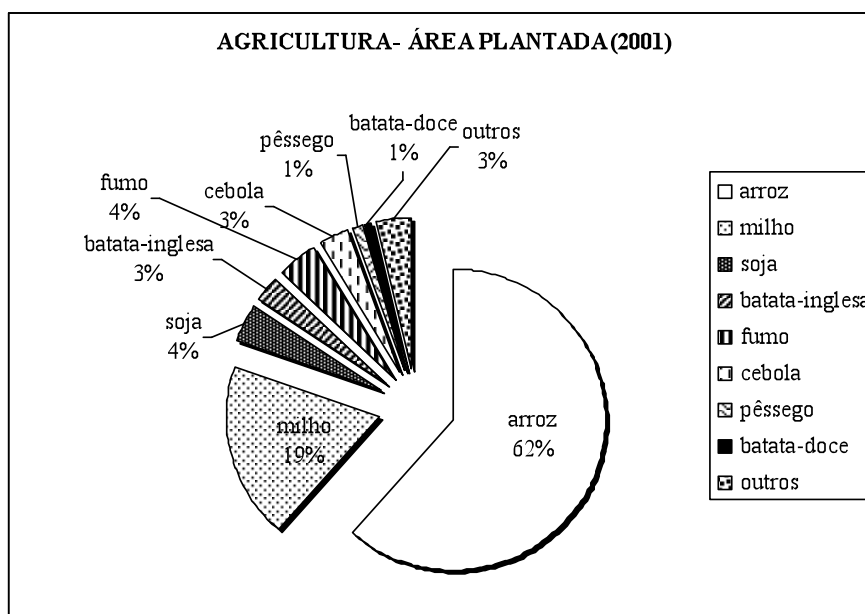
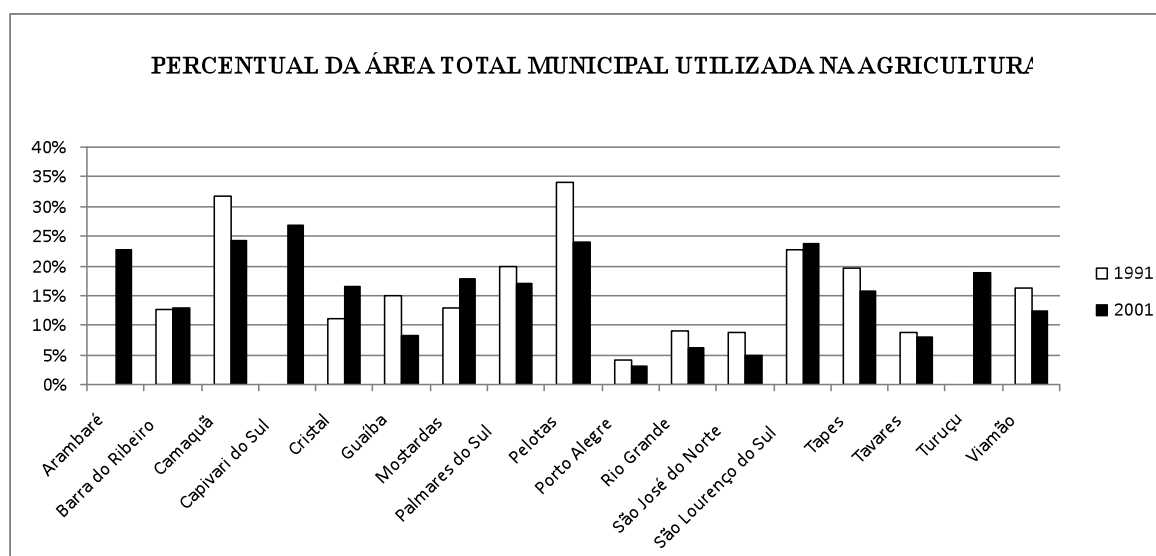


Figura 18. Agricultura: área plantada das principais culturas da região em 2001.

Considerando os municípios em separado, Camaquã, Guaíba, Palmares do Sul, Pelotas, Porto Alegre, Rio Grande, São Jose do Norte, Tapes, Tavares e Viamão apresentaram uma queda na área plantada total entre 1991 e 2001. Os valores, entretanto, devem ser analisados com cautela para Pelotas, Camaquã, São Lourenço do Sul, Tapes, Palmares do Sul e Viamão, pois a partir deles, nesse mesmo período, foram fundados os municípios de Arambaré, Capivari do Sul e Turuçu. Quanto ao percentual da área municipal utilizada na agricultura, os municípios com percentuais acima de 20% são Arambaré, Camaquã, Capivari do Sul, Pelotas e São Lourenço do Sul (Figura 19). Desses, Capivari do Sul foi o que apresentou o maior crescimento percentual da cultura do arroz relativa à área do município (75% entre 1998 e 2006). Somente apresentaram aumento relativo das áreas plantadas os municípios de Cristal, Mostardas, São Lourenço do Sul e Barra do Ribeiro (os dois últimos com aumentos bem menos expressivos). Na maioria dos municípios, esse percentual tem diminuído. Entretanto, em alguns desses, a área plantada do arroz relativa à área do município tem aumentado, como ocorreu em Barra do Ribeiro, Capivari do Sul, Guaíba e Mostardas.

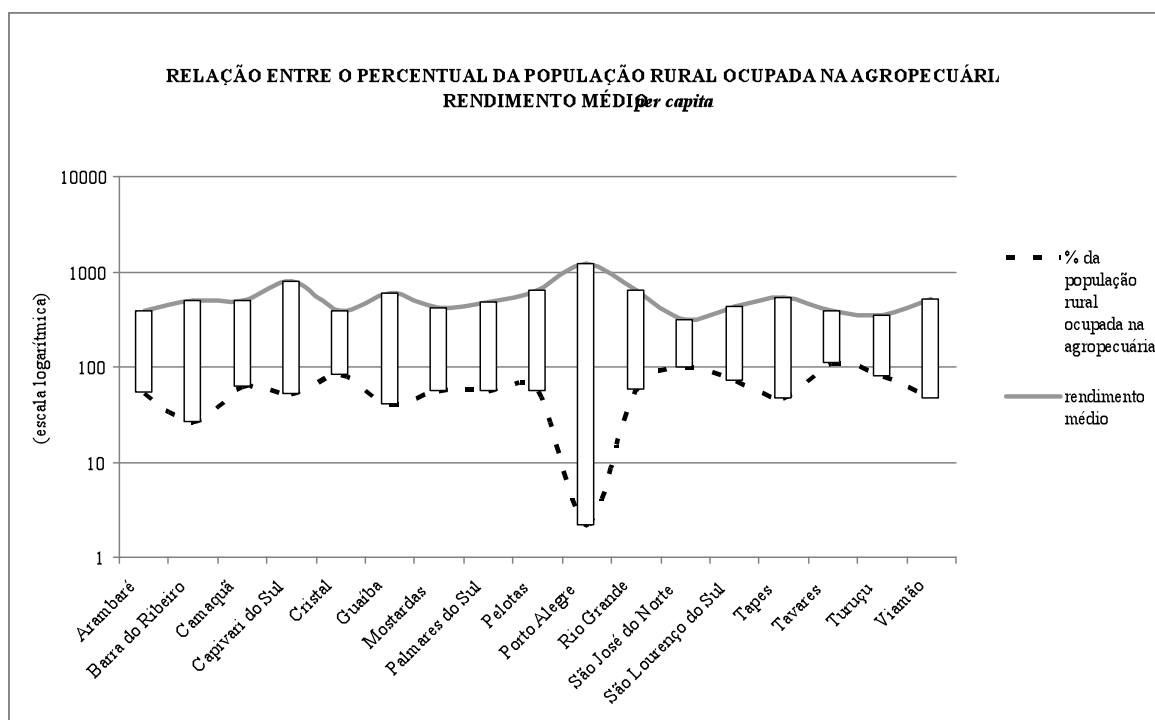


**Figura 19. Percentual de área plantada com relação à área total dos municípios da região.**

Em termos de diversidade de culturas, Camaquã, Pelotas e Viamão são os municípios que apresentam o maior número de culturas. Entretanto, não são os mais eqüitativos. Porto Alegre e Guaíba são os municípios mais eqüitativos quanto à agricultura.

### 3.2.6. Ocupação e renda

Uma vez que um número crescente de pessoas que residem em áreas rurais estão ocupadas em atividades não-agrícolas (Silva, 2001), a análise isolada da população rural não esclarece a questão do emprego agrícola. Este vem diminuindo rapidamente em função da mecanização das atividades. Além disso, a ocupação agrícola é a que gera a menor renda, fazendo com que as famílias procurem atividades não-agrícolas, uma vez que não conseguem sobreviver exclusivamente das rendas agrícolas (Silva, *op.cit.*). Na região, observamos que os municípios com um maior percentual da população rural ocupada na agropecuária apresentam uma renda média menor (Figura 20). Além disso, o percentual da população rural ocupada na agropecuária apresentou uma correlação negativa de 0,80 com os valores de IDESE.



**Figura 20. Relação entre o percentual da população rural ocupada na agropecuária e o rendimento médio *per capita*.**

### 3.2.7. Síntese do quadro socioeconômico regional

A região apresenta um alto grau de concentração da produção e da população, como demonstra a Figura 21a e 21b. Aproximadamente 85% das cerca de 2.400.000 pessoas habitam atualmente os entornos da Lagoa dos Patos estão concentradas na região de Porto Alegre e em Rio Grande-Pelotas. O PIB também se concentra nesses municípios que somados compreendem 95% da produção total da área de estudo. O PIB *per capita* e o rendimento médio, embora apresentem a mesma tendência, demonstram que, quando considerado o número de habitantes, a produção e sua apropriação é um pouco menos desigual ao longo do espaço do que os montantes absolutos de produção e população (Figura 21c e 21d).

A população da região como um todo cresceu cerca de 60% entre 1970 e 2000. Das aproximadamente 920.000 pessoas, correspondentes ao crescimento absoluto nesse período, cerca de 680.000 pertencem aos municípios de Guaíba, Viamão e Porto Alegre, e 185.000 a Rio Grande e Pelotas. Portanto, 74% do crescimento populacional desse período refere-se a Guaíba, Viamão e Porto Alegre, e 20% a Rio Grande e Pelotas, totalizando 94%. O restante 6% correspondem ao crescimento populacional dos outros municípios. Embora não temos dados sobre os processos de migração na região, considerando que a média de crescimento populacional do estado no mesmo período foi de 50%, podemos inferir sobre o papel atrativo de Porto Alegre e arredores. A região metropolitana de Porto Alegre tem sido identificada por outros trabalhos como foco dos deslocamentos no estado (Tartaruga, 2008; SCP, 2006). O crescimento destacado de Viamão e Guaíba e da população “rural” de Porto Alegre demonstram a forte expansão urbana da metrópole.

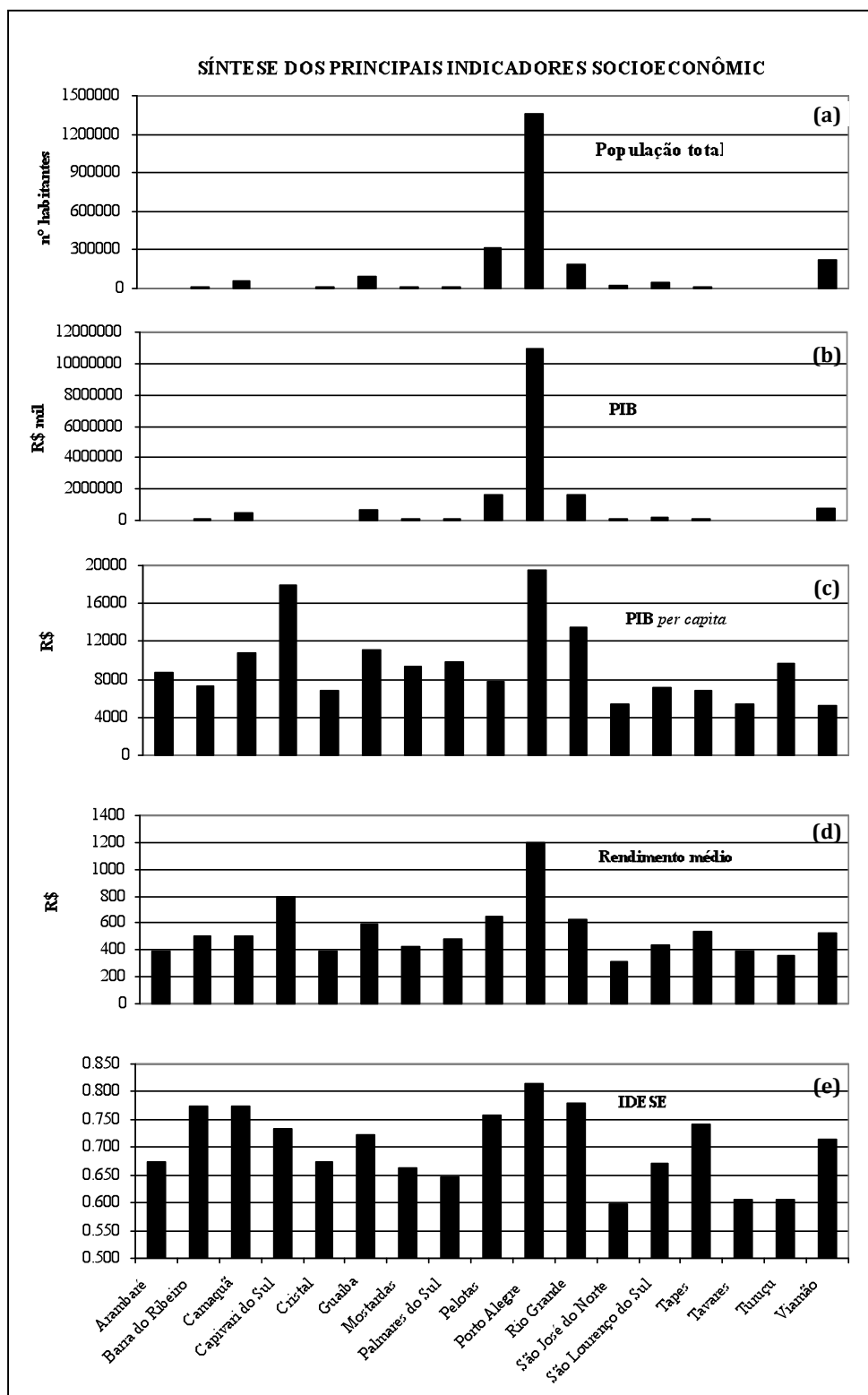
A expressão “papel atrativo de Porto Alegre” deve, entretanto, ser interpretada com cautela. O emprego agrícola no Brasil, em função da mecanização, tem diminuído, como dito anteriormente, e as atividades agrícolas vêm se convertendo em ocupações parciais e de remuneração insuficiente para manter a população residindo no meio rural em condições dignas de vida (Silva, 1997). A Figura 20 demonstra a relação existente entre o percentual da população rural ocupada na agropecuária e a renda média municipal, onde os menores valores de renda são apresentados pelos municípios com maior nível de ocupação na agropecuária. A correlação negativa de 0,80 entre os valores de IDESE e o percentual da população rural ocupada na agropecuária sugere que os reflexos do trabalho agrícola vão além da renda. O crescimento abaixo da média estadual de alguns municípios da região, sugerindo um movimento migratório em

direção principalmente à região metropolitana de Porto Alegre, pode, na verdade, ser o resultado da falta de infra-estrutura social básica nos locais onde as atividades giram em torno da agropecuária, transformando esses povoados apenas num passo intermediário do êxodo em direção às metrópoles, como já evidenciado por Silva (*op.cit.*) como uma tendência do país e por Jardim (2002), no estado do Rio Grande do Sul.

A maioria os municípios da região passaram por um processo de terceirização (perda da importância do setor industrial e crescimento das atividades de serviço). O fenômeno foi particularmente marcante em Camaquã, sendo ainda significativo em Arambaré, Barra do Ribeiro, Pelotas, Porto Alegre e Turuçu. Como o setor de serviços necessita de proximidade física com o cliente, é mais adequado, e, portanto, se sobressai, em áreas urbanas com alta densidade demográfica ou em processo de adensamento. Alguns municípios, entretanto, ainda passam por um processo de industrialização, principalmente os municípios da costa leste (especialmente São José do Norte) e Viamão (decorrente da relocação das atividades industriais de Porto Alegre, podendo, ainda, usufruir a proximidade com a mesma).

A agropecuária, embora tenha uma contribuição decrescente na produção em todos os municípios (com exceção de Turuçu) e gere as menores rendas, mantém-se ocupando uma área aproximadamente estável (em leve queda). O arroz se mantém como produto principal, ocupando mais de metade da área destinada à agricultura. Cresceu em 13 pontos percentuais em termos de área plantada entre 1991 e 2001, em detrimento das culturas como a soja e o milho. O rendimento crescente do arroz (valor obtido por unidade de área), resultado do aporte tecnológico das últimas décadas, pode ter resultado, pelo menos parcialmente, nesse processo de substituição das culturas. O fato de ser cultivado em grandes propriedades pode ter lhe conferido uma vantagem competitiva com relação a algumas culturas, uma vez que existem evidências que grandes fazendas têm alcançado melhorias no rendimento mais rapidamente que as pequenas fazendas (Helfand & Rezende, 2001).





**Figura 21. Alguns dos principais indicadores socioeconômicos da região: (a) população total de 2001 (FEEDADOS); (b) Produto Interno Bruto; (c) Produto Interno Bruto per capita; (d) rendimento médio; (e) Índice de Desenvolvimento Socioeconômico.**  
 Fonte: FEEDADOS 2001, 2004 e 2005, Censo 2000.

### 3.4. Vegetação e uso do solo

De acordo com o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE/MMA), a região de estudo faz parte do Bioma Pampas, dominado por áreas de planície e vegetação de campos. Segundo a classificação de Teixeira e Coura Neto (1996), predominam na região Áreas de Formações Pioneiras, caracterizadas por espécies colonizadoras de ambientes recentes, classificadas segundo sua estrutura e fisionomia em arbóreas, arbustivas e herbáceas. Em áreas pertencentes ao escudo, encontramos a Floresta Estacional Semidecidual.

As espécies das Áreas de Formações Pioneiras desempenham importante papel na preparação do meio à instalação subsequente de espécies mais exigentes ou menos adaptadas às condições de instabilidade ambiental. Em função do tipo de ambiente em que se desenvolvem, encontramos na região Formações Pioneiras de Influência Marinha, que constituem as Restingas Litorâneas. Segundo Leite & Klein (1990), são formações vegetais sob influência direta do mar, distribuídas por terrenos arenosos do quaternário recente, geralmente com algum teor salino, sujeitos à intensa radiação solar e acentuada ação eólica. Nas áreas onde a vegetação de restinga se apresenta com a feição de mata, encontramos inúmeras palmeiras, como a içara ou juçara (*Euterpe edulis*), o jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e a guariacana (*Geonoma gamiova*), bem como certas mirtáceas, destacando-se os gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Gomidesia*, geralmente de porte arbustivo. Onde há mais umidade e o solo contém um certo teor de húmus, a vegetação se torna arbórea, formando matinhas, com caracteres mesófilos e até mesmo higrófilos. Há então maior ocorrência de epífitas, representadas principalmente por bromeliáceas, cactáceas, aráceas e orquidáceas.

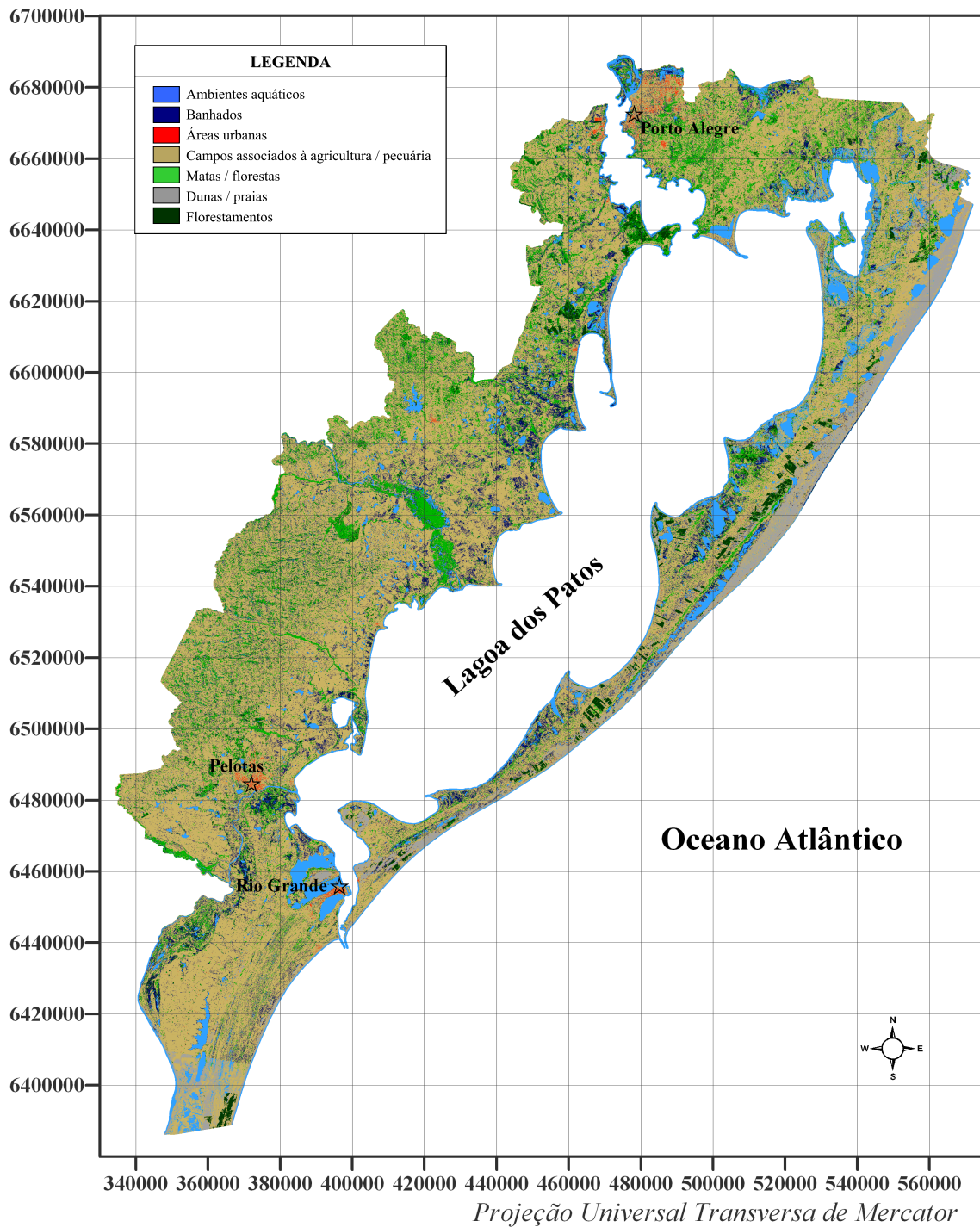
A Floresta Semidecidual, por sua vez, é caracterizada pela ausência da grábia (*Apuleia leiocarpa*), diferenciando-a da Floresta Decidual, e por apresentar algumas espécies de Mata Atlântica. Apesar de se tratar de uma floresta fisionomicamente exuberante, com árvores de até 30 a 35 m de altura, é bem mais pobre em formas de vida do que as Florestas Ombrófilas, com estrato superior, em geral, constituído por reduzido número de espécies. Sua homogeneidade, aliada ao exuberante desenvolvimento geral alcançado sobre solos derivados do basalto, faz da Floresta Estacional Semidecidual uma das mais ricas em termos de volume de madeira por unidade de área (Leite & Klein, *op.cit.*). De acordo com os mesmos autores, nos solos

derivados do basalto, são encontradas no estado emergente: figueira-branca (*Ficus insipida*), rabo-de-mico (*Lonchocarpus muehlbergianus*), angico-vermelho (*Paraptadenia rigida*), aguai (*Crysophyllum gonocarpum*), canelão (*Ocotea cf. acutifolia*), sobrasil (*Colubrina glandulosa*), canela-de-veado (*Helietta apiculata*) e jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). No estrato contínuo, ainda no basalto, eram bastante freqüentes: canela-preta (*Nectandra megapotamica*), guajuvira (*Patagonula americana*), cangerana (*Cabrlea canjerana*), cedro (*Cedrela fissilis*) e o palmitheiro (*Euterpe edulis*). De modo geral, os estratos das arvoretas e dos arbustos, independentemente das características litopedológicas da região, compõem-se, predominantemente, pelas espécies: cincho (*Sorocea bonplandii*), laranjeira-do-mato (*Gymnanthes concolor*), jaborandi ou cutia (*Pilocarpus pennatifolius*), pau-de-junta (*Piper gaudichaudianum*) e catiguá (*Trichilia elegans*).

A diversidade vegetal da região acima relatada não pode, entretanto, ser descrita espacialmente a partir dos métodos utilizados nos procedimentos de mapeamento. O método adotado visa obter informações sobre a cobertura e uso do solo em escala regional e em diferentes períodos, não sendo necessário um maior detalhamento dos diferentes tipos vegetais encontrados. Alguns desses, portanto, foram agrupados em uma mesma classe de cobertura e uso do solo, segundo a função que desempenham ao longo da área de estudo. As classes utilizadas, bem como a sua área de cobertura nos anos de 1987 e 2000, estão disponíveis na Tabela 4 e nas Figuras 22 e 23. A discussão a respeito da dinâmica dessas classes será apresentada nas seções subseqüentes.

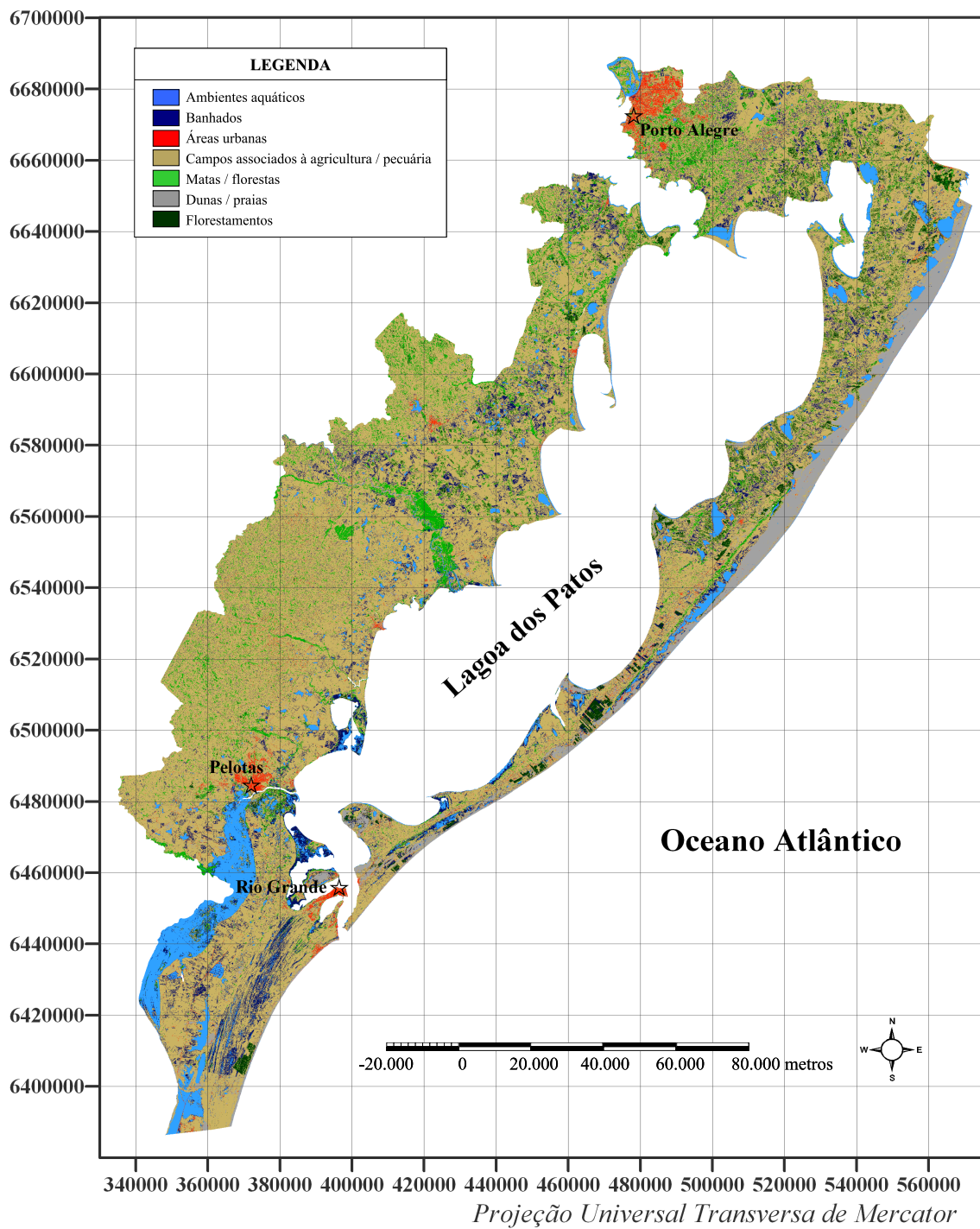
**Tabela 4. Classes de cobertura e uso do solo e sua respectiva extensão nos anos de 1987 e 2000.**

Classes de cobertura e uso do solo	Extensão (km <sup>2</sup> ) - 1987	Extensão (km <sup>2</sup> ) - 2000
Ambientes aquáticos	1.762	1.868
Banhados	1.884	1.664
Áreas urbanas	59	306
Campos associados à agricultura / pecuária	12.701	13.279
Matas / florestas	2.304	1.395
Dunas / praias lagunares	790	882
Florestamentos	552	657



Base cartográfica: Landsat TM, 220/081 - 20/01/1987, 221/081-23/08/1987, 221/082 - 06/07/1987, 221/083 - 06/07/1987

**Figura 22. Cobertura e uso do solo nos entornos da Lagoa dos Patos – 1987**



Base cartográfica: Landsat ETM+, 220/081 - 29/11/1999, 221/081-24/02/2000, 221/082 - 12/11/2002, 221/083 - 18/08/2000

**Figura 23. Cobertura e uso do solo nos entornos da Lagoa dos Patos – 2000**

Em função da estrutura apresentada pelas classes de vegetação e uso do solo ao longo da região, podemos inferir sobre suas principais funções. A região é composta por dois tipos de paisagem, que refletem sua base geomorfológica e, portanto, apresentam características estruturais diferenciadas. Em áreas pertencentes ao escudo, encontramos um mosaico bastante “salpicado”, em função do relevo acidentado. A matriz ambiental é composta por áreas usadas na agricultura, e as manchas são formadas por porções de floresta semidecidual, áreas urbanas, lagoas (algumas intermitentes, formando banhados) e florestamentos. Os rios e sua vegetação ciliar compõem os principais corredores, juntamente com as estradas, embora elas atuem muito mais como barreiras em diversos processos ecológicos. Em áreas de planície costeira, os elementos do mosaico ambiental são mais facilmente identificados. Novamente, a matriz ambiental é composta pela agricultura / pecuária. As principais manchas são compostas por matas, áreas urbanas, lagoas, banhados, dunas, praias e florestamentos. As matas ciliares, as estradas, e em alguns casos, as dunas e as praias, formam os principais corredores ao longo da região. As lagoas e os banhados, formas muitas vezes intercambiáveis, também fazem a interconexão ao longo da região, embora não se apresentem de forma linear, como os corredores típicos. Constituem, assim, um sistema do tipo *stepping stones*, responsável em grande parte pela conectividade do sistema, como já identificado por Schaeffer (1980). Uma vez que a matriz ambiental é basicamente antrópica, a conectividade entre as manchas “naturais” remanescentes garante os processos de dispersão das espécies, o fluxo genético e melhora a recolonização após extinções locais. O fato de que a cultura do arroz utiliza o sistema de rotação de terras permite que essas se regenerem parcialmente, embora nunca permitindo que o processo de sucessão ecológica ocorra plenamente e que as espécies de clímax se estabeleçam.

Embora a conectividade do sistema seja mantida através de seus diferentes corredores, a crescente supressão de alguns tipos de manchas, como evidenciado nas Figuras 22 e 23 e na Tabela 4, bloqueiam certos processos ecológicos, responsáveis pela eficiência do sistema. Além dos processos mais óbvios de troca de materiais através dos fluxos hidrológicos, se considerarmos a lagoa e seus arredores sob o ponto de vista sistêmico, podemos dizer ainda que a sua eficiência no aproveitamento da energia disponível depende da estrutura espacial dos ecossistemas. As paisagens, de maneira análoga às espécies, passaram por processos de seleção natural ao longo do tempo e constituem o melhor “projeto”, apresentando vantagens no que diz respeito à utilização da energia, dentre outras possibilidades de configuração espacial de suas unidades

ambientais. Alterações na estrutura espacial das paisagens devido ao uso humano podem, portanto, levar a uma queda na eficiência dos ecossistemas envolvidos, traduzindo-se na queda de parâmetros como biodiversidade, produtividade biológica, resiliência, etc. Nas áreas de escudo, o desmatamento da floresta semidecidual em manchas cada vez menores constitui em perda de *habitat* para espécies de interior e para aquelas mais exigentes em termos de área, além de perder sua resiliência frente a distúrbios naturais e antrópicos. O aumento das áreas de borda pode ainda aumentar o efeito negativo sobre tais espécies de interior. Os mesmos efeitos são esperados pela supressão das matas nativas e banhados em áreas de planície.

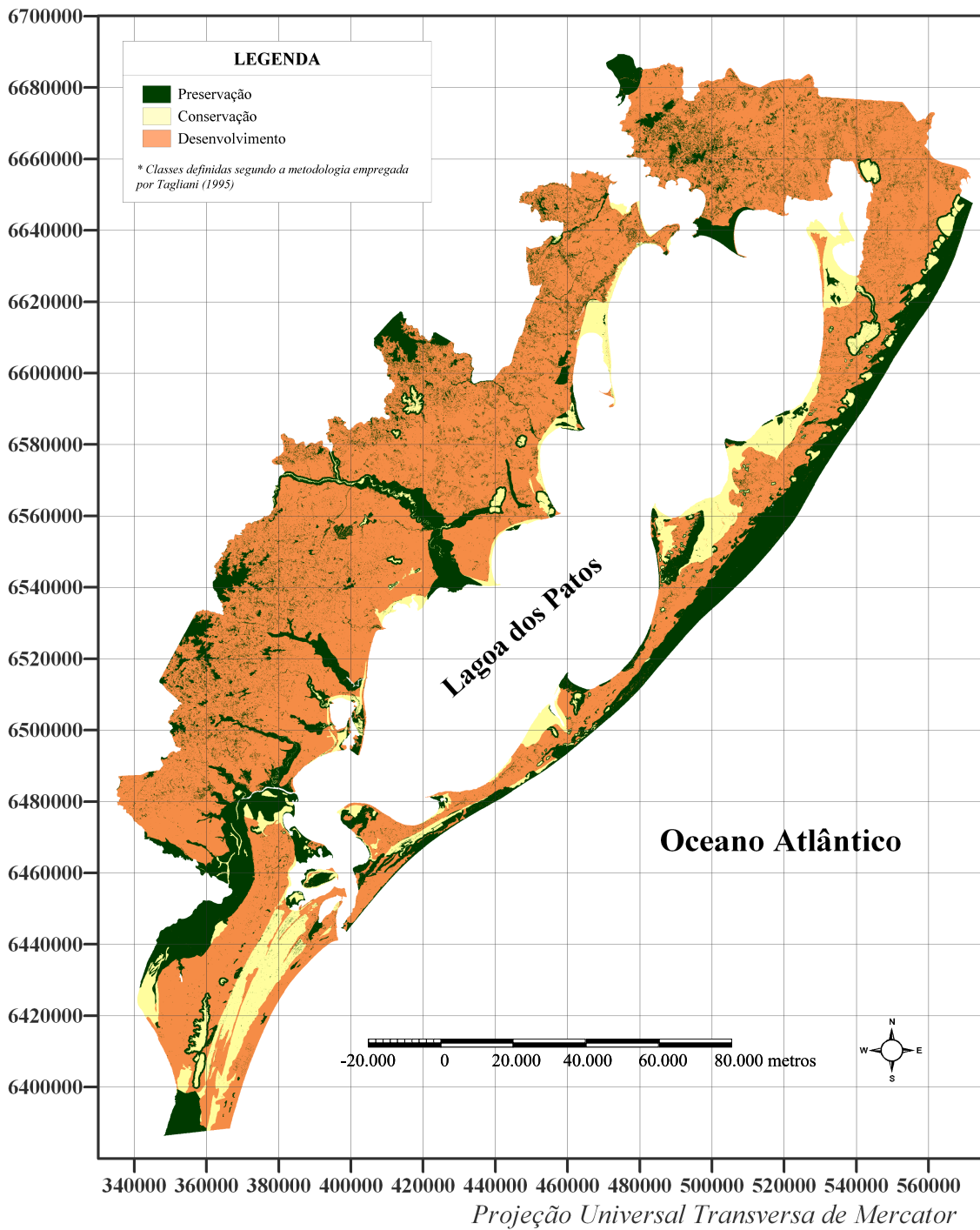
### **3.5. Zoneamento ambiental**

Considerando os critérios descritos no item 2.3., cerca de 23,3 % da área de estudo foi classificada como de preservação e incluem, basicamente, as matas e florestas, as dunas vivas, os banhados, as áreas de margem ao redor dos corpos d'água (de largura variável, dependendo do tamanho do corpo d'água em questão), as áreas de declividade acima de 45 graus e as unidades de conservação (a saber: o Parque Nacional da Lagoa do Peixe, o Parque Estadual de Itapuã, o Parque Estadual de Camaquã e a Estação Ecológica do Taim). Áreas que por ventura não tenham sido incluídas na classe preservação por seus atributos de vegetação e declividade, mas que se situam sobre áreas de Terraço 5, também foram classificadas como preservação. Áreas de conservação totalizam 9,7 % da área de estudo e correspondem às lagoas, banhados temporários (ou Terraço 4), praias e cordões lagunares. As demais áreas, pertencentes à planície média e alta, aos mantos de aspensão eólica e às dunas obliteradas, foram classificadas como desenvolvimento.

A proposta de zoneamento ambiental aqui apresentada (Figura 24) constitui um “guia base”, uma proposta inicial a ser detalhada em nível municipal e aberta a novas recomendações, a exemplo do processo já desencadeado no município de Rio Grande. Os padrões de uso do ambiente e as tecnologias estão em mudança constante, da mesma forma que o ambiente em si é naturalmente dinâmico. O zoneamento constitui uma das principais ferramentas do manejo no estado e no Brasil, entretanto, outras ferramentas podem conferir ao zoneamento um maior dinamismo, considerando nas ações e decisões a natureza de mudança constante do ambiente e atividades humanas associadas. A combinação entre o zoneamento (cujas classes são bastante amplas, conferindo-lhe

flexibilidade) e os produtos gerados pelo modelo de predição de mudança de uso e cobertura do solo, como dito anteriormente, permite a determinação de áreas prioritárias ao planejamento num dado período, e que podem ser atualizadas à medida que novos programas de desenvolvimento surgem e/ou que novas forças de mudança são evidenciadas. Aspectos dinâmicos da região e suas implicações no planejamento e manejo são apresentados nas seções a seguir.





Base cartográfica: Landsat ETM+, 220/081 - 29/11/1999, 221/081-24/02/2000, 221/082 - 12/11/2002, 221/083 - 18/08/2000

Long (1989) e Atlas Socioeconômico do RS (SPG - RS, 2008)

**Figura 24. Proposta de zoneamento ambiental para os entornos da Lagoa dos Patos.**

### 3.6. Mudanças na cobertura e uso do solo

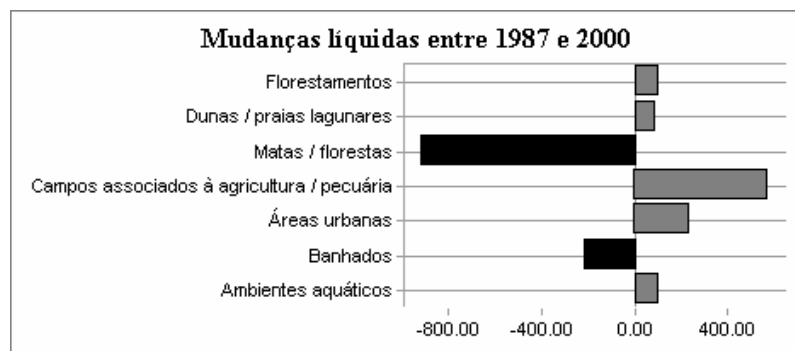
Como visto na seção 3.1, as mudanças na cobertura e uso do solo na região têm origem histórica e são conseqüências diretas e indiretas das ações humanas que visam assegurar recursos essenciais. Entretanto, as taxas, extensão e intensidade com que essas mudanças ocorrem na atualidade não têm precedentes na história, levando a mudanças nos ecossistemas e processos ecológicos em todas as escalas. Tais mudanças incluem as principais preocupações ambientais da humanidade hoje, como as mudanças climáticas, a perda da biodiversidade e a poluição da água, solo e ar. Quando uma floresta ou mata nativa é convertida numa propriedade agrícola, a perda de espécies na área desmatada é imediata e completa. A eficiência dos *habitats* de florestas e matas e outros ecossistemas ao redor das áreas com uso intensivo também são impactadas através do processo de fragmentação, uma vez que *habitats* menores geralmente suportam menos espécies (Forman, 1995). Para espécies que requerem *habitats* núcleo grandes e sem distúrbios, a fragmentação pode causar extinção. Também se tem demonstrado que a invasão de espécies não-nativas e doenças ocorrem mais rapidamente em áreas expostas a mudanças na cobertura do solo, especialmente nas proximidades dos assentamentos humanos (Ellis & Pontius, 2007).

Mudanças na cobertura do solo também têm um papel central nas mudanças climáticas, através da liberação de gases estufa, como os compostos de carbono (decorrente do desmatamento e distúrbio do solo), metano (pelas alterações hidrológicas, drenagem de banhados e cultura do arroz) e nitrogenados (pela introdução de fertilizantes, irrigação e combustão). Além disso, a remoção da vegetação pela agricultura não só deixa o solo suscetível à erosão, diminuindo sua fertilidade ao longo do tempo, mas libera enorme quantidade de nutrientes e sedimentos para os corpos d'água adjacentes, causando uma série de impactos negativos. Assim, é importante ter em mente que a conversão entre diferentes classes de cobertura e uso do solo, explanadas a seguir, não constituem unicamente uma mudança estrutural, mas são acompanhadas de uma série de conseqüências negativas nos processos dos ecossistemas, em escalas local, regional e global.

Considerando as mudanças líquidas ocorridas entre 1987 e 2000 (Figura 25), a classe mais modificada foi “matas e florestas”, com perda próxima a 4,5% da área total de estudo, o que corresponde a cerca de 90.000 ha, com uma taxa de diminuição de cerca de 3% ao ano, relativa à área total da classe. É importante lembrar que a

acuracidade do mapeamento de 2000 foi de 82%, mas, em função da pior qualidade radiométrica dos dados obtidos em 1987, o mesmo não pode ser afirmado para este. Entretanto, embora os dados quantitativos não sejam uma medida altamente exata, evidenciam uma tendência e permitem o mapeamento de onde essas mudanças ocorreram. O maior contribuinte para a diminuição das matas e florestas foi o aumento dos “campos associados à agricultura e pecuária” (Figura 26), através do processo de desmatamento, seja para o uso da área ou da madeira.

Com relação às classes que aumentaram, a que mais apresentou acréscimo foi “campos associados à agricultura e pecuária”, com 3% de aumento no período. O principal contribuinte para esse aumento foi o desmatamento de “matas e florestas” (Figura 26). A segunda classe que mais se expandiu foi “áreas urbanas”, com 1,3%, sendo o maior contribuinte a ocupação de áreas antes classificadas como “campos associados à agricultura e pecuária” (Figura 27). Também aumentaram “florestamentos” (0.5%) (Figura 28) e “dunas/praias lagunares” (0.45%), embora parte do aumento do primeiro tenha sido ocasionado por confusão espectral com a classe “matas e florestas” e, do segundo, com áreas desnudas.



**Figura 25. Mudanças líquidas na cobertura e uso do solo na região de estudo entre 1987 e 2000. Valores à esquerda correspondem a perdas e à direita, a ganhos, ambos em km<sup>2</sup>.**

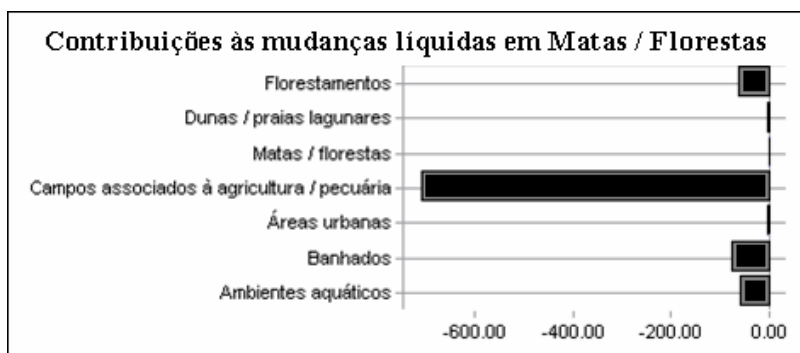


Figura 26. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000, em km<sup>2</sup>.

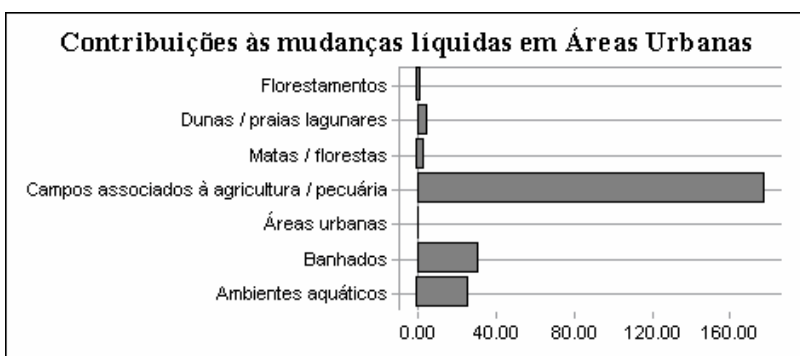


Figura 27. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000, em km<sup>2</sup>.

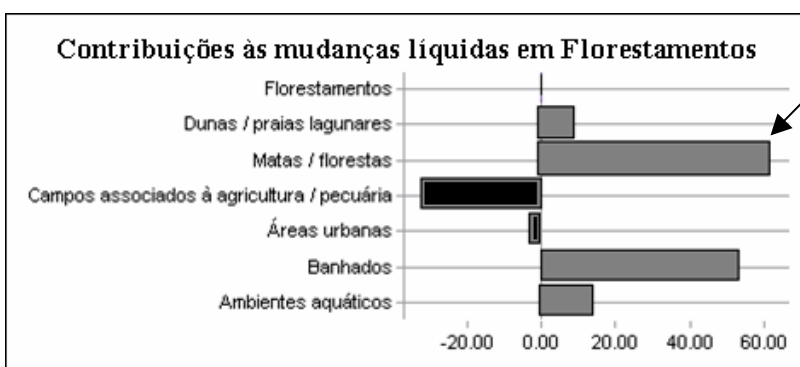
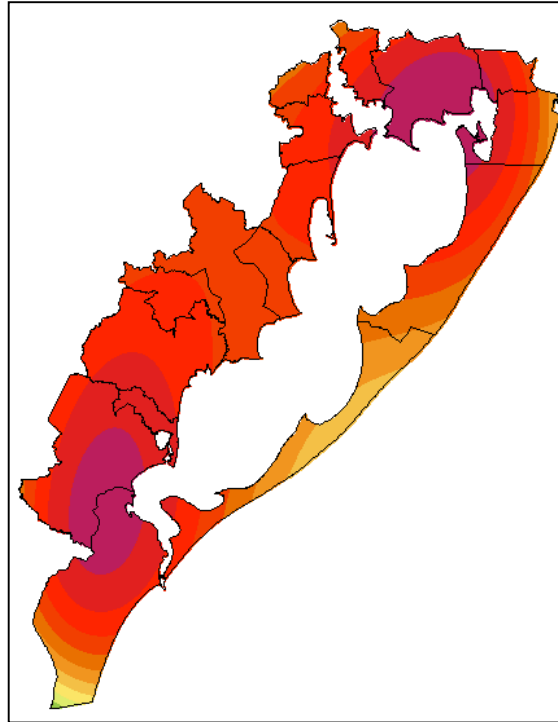


Figura 28. Contribuições das outras classes de cobertura e uso do solo às mudanças líquidas em “matas / florestas” na região de estudo entre 1987 e 2000. Valores à esquerda correspondem a perdas e à direita, a ganhos, ambos em km<sup>2</sup>. A seta indica a confusão espectral com “matas e florestas”.

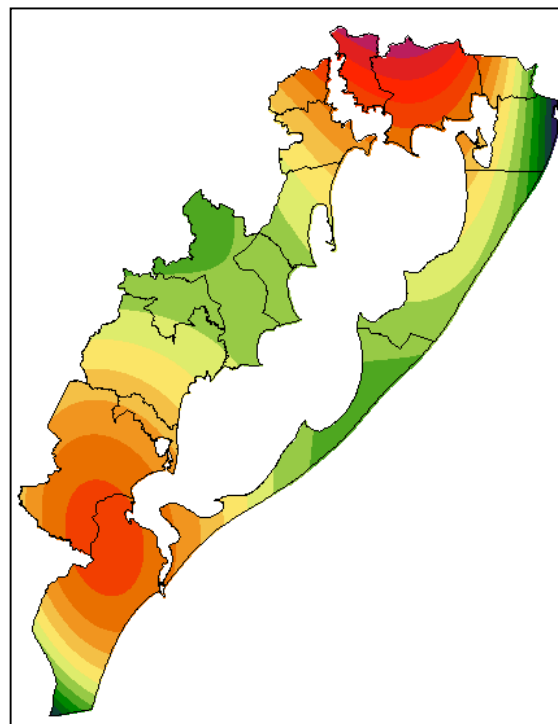
Com relação às mudanças ocorridas nos banhados e ambientes aquáticos, essas parecem ser muito mais uma interferência dos diferentes níveis de precipitação ocorridos no momento de obtenção das imagens de satélite do que mudanças de vegetação e cobertura do solo propriamente ditas, e não foram incluídas nas análises posteriores de predição de mudança.

Além de fornecer um quadro geral sobre as mudanças ocorridas em termos numéricos e espaciais, as mudanças no uso e cobertura do solo foram utilizadas para alimentar modelos de predição de mudanças futuras. Nem todas as mudanças ocorridas foram utilizadas. Várias delas são decorrentes de processos naturais (a exemplo das transições ocorridas entre banhados e ambientes aquáticos), outras são insignificantes em termos de área impactada e algumas são decorrentes dos erros intrínsecos do método de mapeamento (como mudanças de áreas urbanas para dunas/praias lagunares, que consistem em um erro na interpretação do classificador, já que se trata de classes com assinaturas espectrais muito semelhantes). Somente foram consideradas as principais modificações em termos espaciais e que têm como causa as atividades antrópicas, ou seja, aquelas relacionadas aos processos de **desmatamento**, **urbanização** e **florestamento**. Esses três processos sintetizam as principais mudanças ocorridas na cobertura e uso do solo na região, no período em questão, e são interpretadas pelo sistema de informação, respectivamente, como mudanças da classe “matas e florestas” para todas as classes, de todas as classes para a classe “áreas urbanas” e de todas as classes para a classe “florestamentos”.

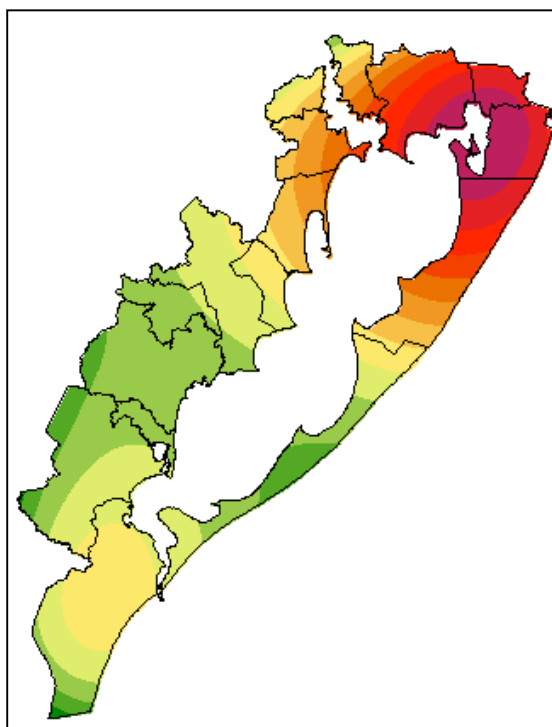
Embora dentro do pacote de ferramentas oferecido pelo *Land Change Modeler* seja possível mapear quaisquer mudanças ocorridas, os padrões de mudança se mostraram difíceis de identificar visualmente. Para facilitar a interpretação das principais mudanças ocorridas, optou-se pela utilização da ferramenta de análise de tendências espaciais, cujos resultados consistem numa superfície polinomial de tendência de melhor encaixe com as mudanças ocorridas. Foram geradas imagens de tendência dos mesmos processos usados na predição de mudança, ou seja, os processos de desmatamento (Figura 29), urbanização (Figura 30) e florestamento (Figura 31).



**Figura 29. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de desmatamento (polinômio de 4º ordem). Áreas em magenta / vermelho representam aquelas com maior tendência ao desmatamento.**



**Figura 30. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de urbanização (polinômio de 4º ordem). Áreas em vermelho / laranja representam aquelas com maior tendência à urbanização.**



**Figura 31. Tendência espacial das mudanças relacionadas ao processo de florestamento (polinômio de 4º ordem). Áreas em magenta / vermelho representam aquelas com maior tendência ao florestamento.**

### **3.7. Predição de mudanças na cobertura e uso do solo**

As mudanças na cobertura e uso do solo detectadas entre 1987 e 2000 possibilitaram a geração de modelos espacializados de causas e conseqüências dessas mudanças. Isso foi possível através do uso dos sistemas de informação geográfica e de técnicas computacionais que definem e testam a relação entre variáveis e as mudanças ocorridas, usando uma série de dados pré-existentes, de observações de campo, de imagens de sensoriamento remoto e de dados derivados no ambiente SIG de todos esses. As condicionantes que apresentaram o maior poder explanatório das mudanças estão relacionadas com o número de diferentes classes de vegetação e uso do solo por área modificada, com a geomorfologia e com a ocorrência de acessos e áreas urbanas. A dependência do modelo a fatores políticos e econômicos (funções de força) pode ser descrita através da inserção de imagens de restrição e incentivos a uma determinada atividade. No modelo gerado foi considerada e inserida como a mais importante função de força, a influenciar as mudanças futuras, o Programa Estadual de Florestamento,

descrito espacialmente através da imagem de zoneamento da silvicultura. O modelo espacial que relaciona as condicionantes de mudança e seus impactos é extremamente útil como ferramenta para o manejo e a tomada de decisão, oferecendo previsões de futuras mudanças na cobertura e uso do solo. Os resultados possibilitam analisar cenários e, juntamente com a proposta de zoneamento, guiar a tomada de decisão e o manejo ambiental em direção a ações mais sustentáveis.

Como descrito anteriormente, as 4 variáveis explanatórias, o mapa de restrição à silvicultura e os dois mapas de vegetação e uso do solo (1987 e 2000) alimentaram, então, o *Multi-Layer Perceptron* (a rede neural utilizada). A máquina, então, aprende a detectar padrões de mudança com base nas mudanças já ocorridas e nas variáveis explanatórias, o que gerou um modelo de predição com 70% de acuracidade. Foram feitas 2 simulações, sendo a de 2007 realizada somente para avaliar a qualidade do procedimento. A simulação de 2015 foi feita para a geração de cenário, e foi escolhida nessa data em específico para que coincidissem com outras gerações de cenários, em outras áreas de conhecimento, como vêm sendo realizado pelo governo do estado, a exemplo do “Rumos 2015” \*\*\*\*\*. O produto dessa simulação, na verdade, é uma imagem de suscetibilidade à mudança, que varia de 0 (pouco suscetível) a 1 (altamente suscetível), como mostra a Figura 32.

Os resultados espacializados de suscetibilidade à mudança foram combinados com o zoneamento ambiental, permitindo que os esforços sejam focados em áreas mais suscetíveis, auxiliando no processo de planejamento. Assim, o zoneamento ambiental “dita” o grau de permissividade ao uso ao longo de toda a região, enquanto o modelo de predição indica, dentro de cada classe de manejo, quais deveriam ser priorizadas em termos de atenção despendida, por se trataram de áreas com maior risco de serem modificadas. Com isso, áreas de preservação ambiental, com alta suscetibilidade à mudança, devem ser o foco de ações que evitem a sua modificação e constituir áreas prioritárias para o gerenciamento preventivo (Figura 33). Já áreas classificadas como de “desenvolvimento” e com alta suscetibilidade à mudança, também devem ser foco de ações, mas para priorizar a instalação de infra-estruturas ou regulação das atividades (Figura 34).

---

\*\*\*\*\* O Rumos 2015 é um estudo da SEPLAG- RS, em cujos resultados está incluída a geração de cenários sobre aspectos econômicos e de logística. Entretanto, não inclui cenários sobre as mudanças espaciais de aspectos ambientais. Esses são abordados de forma a avaliar o potencial de utilização das aptidões naturais em favor do desenvolvimento.



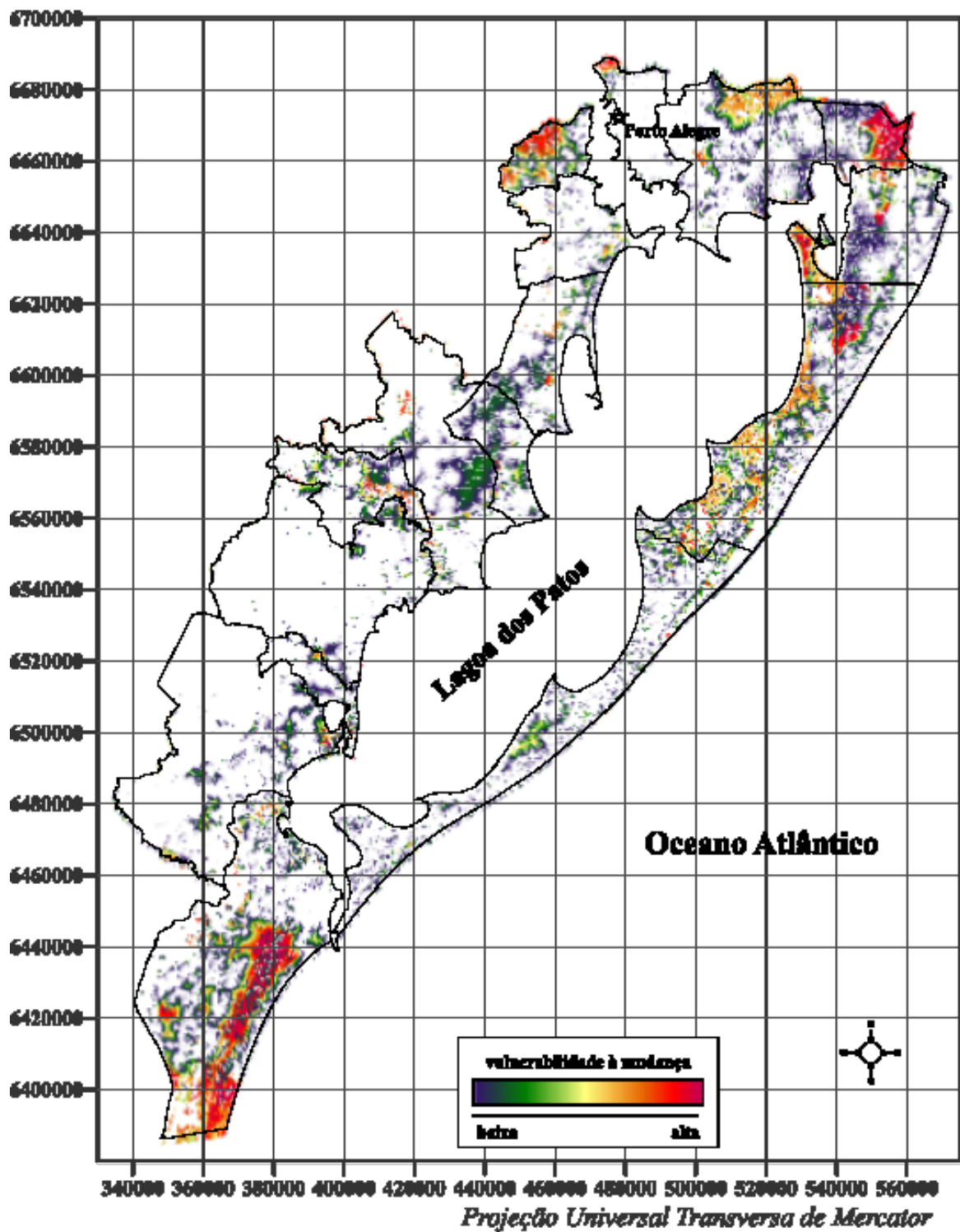


Figura 32. Suscetibilidade a mudanças dos entornos da Lagoa dos Patos.

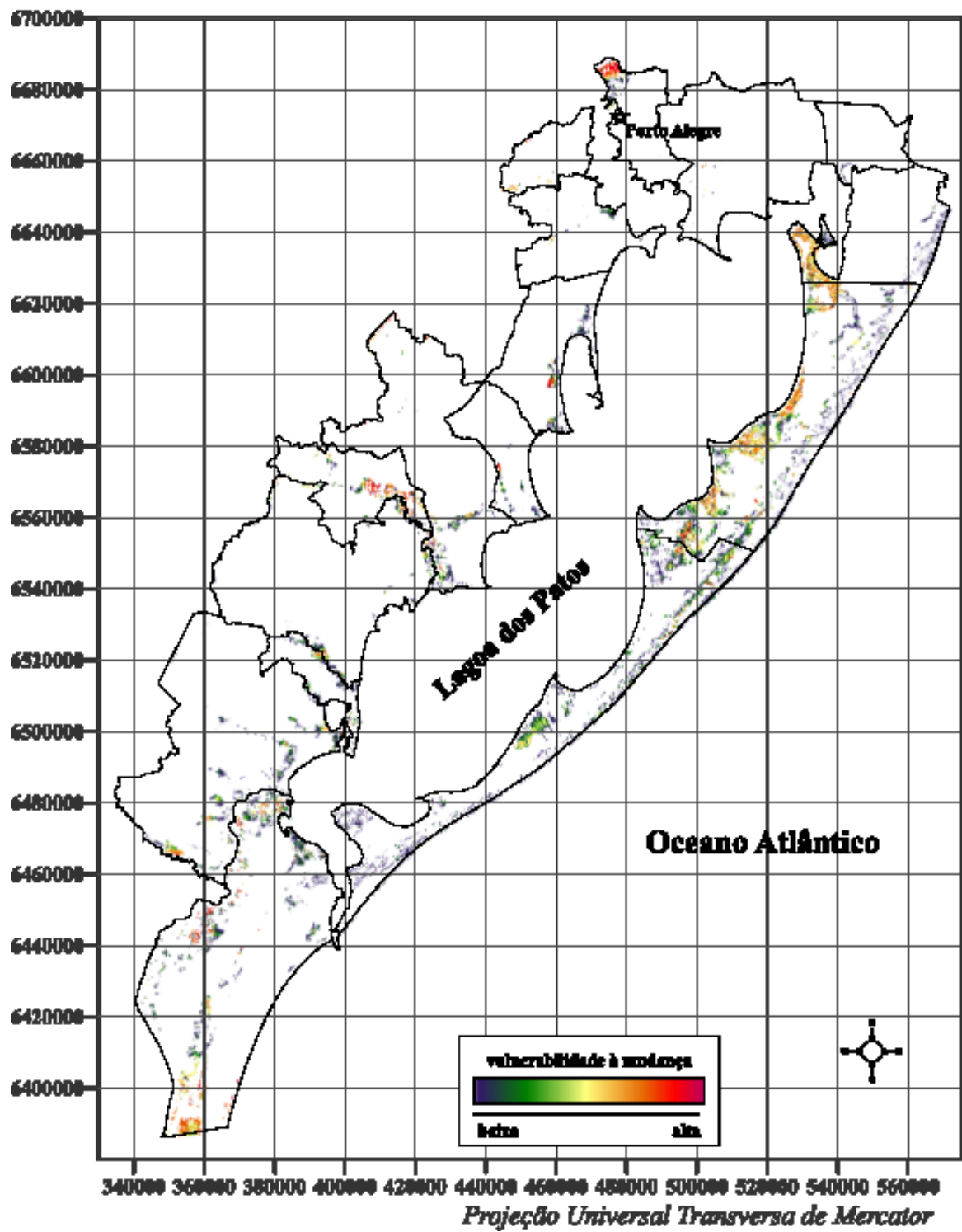
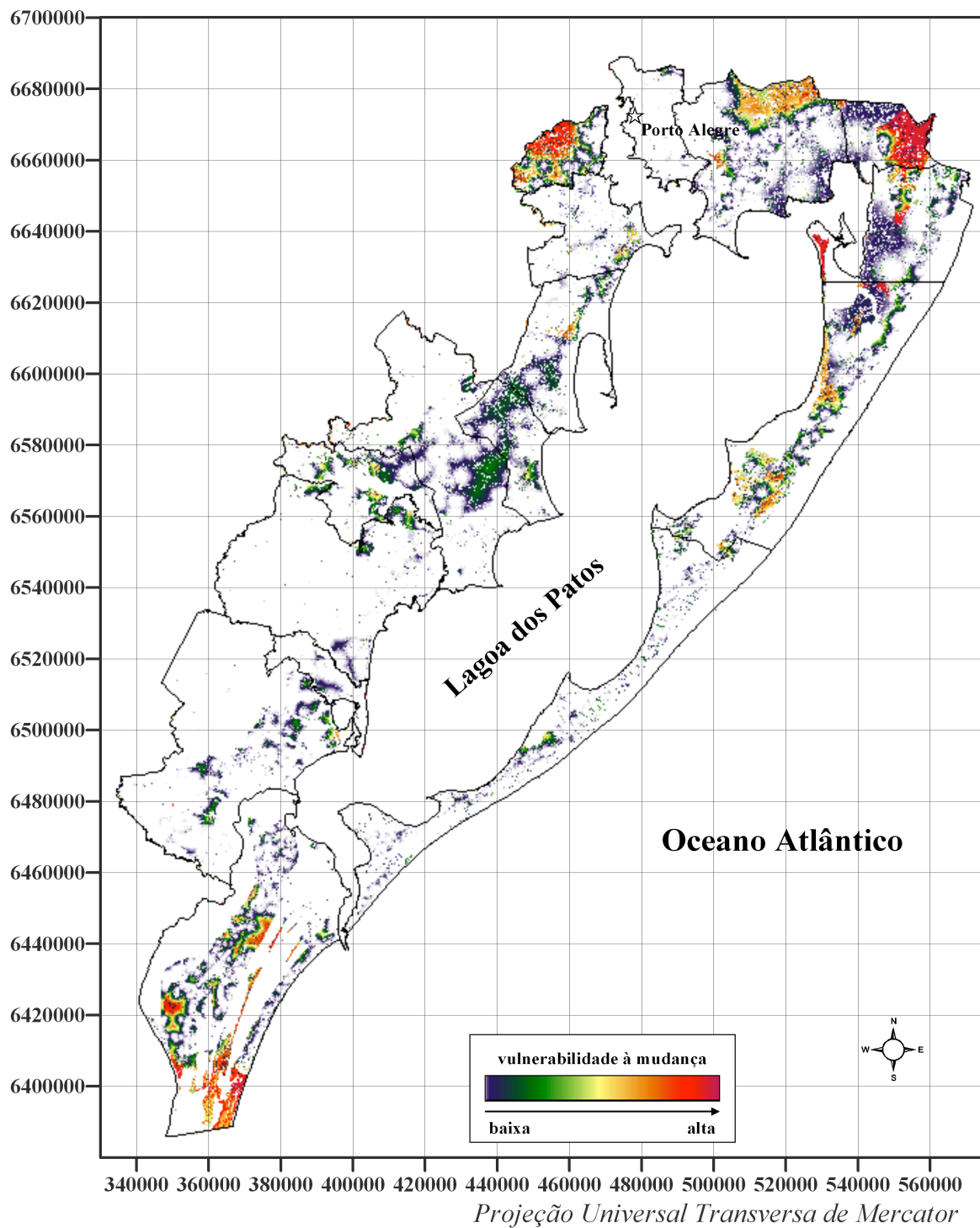


Figura 33. Suscetibilidade a mudanças das áreas de preservação.



**Figura 34. Suscetibilidade a mudanças das áreas de desenvolvimento.**

### **3.8. Aplicação dos resultados obtidos no gerenciamento costeiro e seus instrumentos**

Informação é a base do desenvolvimento sustentável e é fundamental para o sucesso do processo de planejamento e tomada de decisão. Se as decisões são tomadas sem uma base de dados ou de informação consistente, serão baseadas somente em suposições que, muitas vezes podem estar erradas. O presente trabalho apresenta uma síntese dos principais indicadores socioeconômicos da região. O seu entendimento é fundamental na formulação de políticas. Entretanto, essa não consiste na mais importante contribuição do trabalho, uma vez que se tratam de dados disponíveis e relativamente acessíveis, de boa confiabilidade e fácil compreensão. Informações ambientais de qualidade, abrangentes e periódicas, que capturem e reflitam a complexidade do ambiente e sua suscetibilidade à mudança, por sua vez, são escassas. A proposta de zoneamento e modelo de previsão de mudanças, acoplados a um diagnóstico socioeconômico da região, não finaliza ou não preenche o rol de informações necessárias para o planejamento do litoral médio ou de seus municípios. Entretanto, tais resultados e produtos trazem contribuições e avanços importantes no que tange aos diversos instrumentos voltados à gestão ambiental da zona costeira no Brasil, estabelecidos pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), como evidenciado a seguir.

O Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) e o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC) têm estreita relação com os planos de uso e ocupação territorial. O zoneamento ambiental proposto no presente documento, bem como a detecção de áreas prioritárias ao manejo, seja para fins de preservação ou desenvolvimento, podem subsidiar o plano estadual bem como os planos municipais, principalmente para aqueles municípios onde a carência de recursos humanos e tecnologias adequadas é maior. A mesma relação pode ser feita com o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC, que visa regular o processo de ordenamento territorial, a fim de obter as condições de sustentabilidade ambiental do desenvolvimento da zona costeira, em consonância com as diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico do território nacional.

Uma vez que grande parte das informações geradas pelo presente trabalho tem um caráter espacial e se encontram organizadas em um SIG, elas podem vir a contribuir e compor o Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro - SIGERCO,

componente do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA), que integra informações do PNGC, proveniente de banco de dados, sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto, e que deve propiciar suporte e capilaridade aos subsistemas estruturados/gerenciados pelos estados e municípios.

Como além de espacializados, os resultados também incluem sua evolução temporal, os procedimentos aqui apresentados constituem uma metodologia de monitoramento ambiental, possível de ser replicada em outros períodos e/ou em outras regiões. Tanto as variáveis ambientais quanto as socioeconômicas podem ser consideradas indicadores da qualidade sócio-ambiental da zona costeira, e, assim, compor o Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira - SMA-ZC e, conseqüentemente, subsidiar o Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira - RQA-ZC, que constitui a consolidação periódica dos resultados produzidos pelo monitoramento ambiental.

Uma vez que os resultados e produtos apresentados têm potencial de uso no processo de planejamento, poderá subsidiar o Plano de Gestão da Zona Costeira - PGZC nos diferentes níveis de governo.

Uma vez absorvidas a tecnologia e as informações por parte das instituições envolvidas na gestão, as possibilidades de uso no processo de tomada de decisão são inúmeras. Por possibilitarem a visualização de qualquer dos seus atributos na forma de mapas, facilitam o entendimento sobre os recursos e suas modificações por parte dos tomadores de decisão e da própria comunidade, promovendo a participação de uma forma embasada e, assim, com melhores chances de sucesso.

#### **4. Conclusões**

---

A porção média da planície costeira do Rio Grande do Sul, apesar de, em grande parte, não ter contato direto com o oceano, tem na sua relação com a costa, através da Lagoa dos Patos e sua formação, a base de diversos processos históricos, socioeconômicos e ambientais. A proximidade com a lagoa e com o oceano dirigiu seu processo de colonização. Em função das características do ambiente e do contexto socioeconômico e político da época, o padrão de uso do solo da região se definiu, favorecendo, inicialmente, a pecuária e, mais tarde, a cultura do arroz, que permanece dominante até hoje. Desde então, a dinâmica do uso do solo tem sido regida por fatores políticos e de mercado (funções de força), onde as características ambientais, bem como as infra-estruturas instaladas (estradas e áreas urbanas), atuam como condicionantes da maior ou menor suscetibilidade das áreas às mudanças na cobertura e uso do solo. O avanço das tecnologias na agricultura e os demais fatores que favoreceram as culturas voltadas à exportação, altamente mecanizadas e socialmente injustas, representadas na região pela rizicultura, trouxeram a decadência do emprego agrícola. O homem do campo, em busca de alternativas de sustento, passa a se ocupar em atividades não-agrícolas ou, então, migra para os grandes centros (Porto Alegre e arredores e, secundariamente, Rio Grande – Pelotas). Esses centros, concentradores da população e produção, passam a ser o foco das mudanças mais significativas da paisagem na região, traduzidas pelos processos de expansão das áreas urbanas e desmatamento. O desmatamento, ao contrário de outras regiões do país, onde é impulsionado pela expansão das fronteiras agrícolas, mostrou estar altamente relacionado com o processo de urbanização da região.

Embora muito do que acontecerá daqui para frente já foi pavimentado pelas decisões políticas e ações tomadas, fatores incontornáveis e com potencial modificador podem vir a tona, tornando imprescindível o papel da informação no processo de tomada de decisão. O zoneamento ambiental proposto na presente pesquisa, baseado em características fisionômicas do ambiente, classifica a região em áreas de preservação, conservação e desenvolvimento. O modelo de predição de mudanças aponta que áreas pertencentes às três classes estão suscetíveis a mudanças. Essas devem ser o foco das atenções de planejamento. O modelo, entretanto, é válido enquanto as funções de força

atuantes até então, se mantiverem. Forças imprevisíveis, tanto naturais quanto humanas, não podem ser mapeadas, mesmo com as tecnologias avançadas que dispomos e vão interferir no curso dos eventos, a exemplo do que ocorreu no passado, como a chegada de portugueses e alemães, a valorização e o colapso do charque, o estabelecimento e a expansão da cultura do arroz (ainda em curso), o fortalecimento do setor terciário e a decadência do trabalho agrícola e, a novidade, o interesse do estado na produção intensiva de madeira. Entretanto, o processo de tomada de decisão embasado em informação, como as apresentadas no presente documento, tem um papel vital e real na configuração do futuro. A sistematização e o mapeamento dos recursos naturais e da ocupação humana, bem como de sua dinâmica, podem dar aos tomadores de decisão uma visão mais clara do que o amanhã pode trazer em termos de bem-estar social e meio ambiente e quais os impactos que as suas decisões podem gerar.

Com base no que foi discutido anteriormente, as principais mudanças ocorridas e que estão por vir são determinadas por fatores relacionados ao desenvolvimento tecnológico, socioeconômico e político. O tipo e o efeito dessas mudanças dependem fortemente das decisões políticas tomadas, que determinarão qual será o peso que as funções de força apresentadas a seguir terão na construção de uma futura realidade.

(a) ***O aumento na produtividade agrícola.*** Uma vez que as fronteiras agrícolas têm pouco potencial de expansão na região (em função da escassez de áreas, já que praticamente toda a vegetação de campos e boa parte das matas e florestas foram convertidas em áreas usadas na agricultura e pecuária), cresce a busca por novas tecnologias que proporcionem uma maior produtividade. Apesar dos esforços do governo federal na expansão da agricultura familiar, o modelo de ocupação na forma de grandes propriedades tem uma origem histórica nas áreas ao redor da Lagoa dos Patos e, por suas características intrínsecas, tem se mostrado competitivamente superior ao modelo da pequena propriedade. O foco do governo do estado, particularmente em relação ao arroz, tem sido em avanços tecnológicos com o objetivo de aumentar a produtividade (Programa Arroz RS). Tais investimentos na rizicultura já mostram efeitos no rendimento, o que tem levado a uma substituição de outros produtos pelo arroz. É uma recomendação dos economistas que quaisquer limitações ao crescimento agrícola sejam eliminadas a fim de que o setor se mantenha em crescimento.

(b) ***A necessidade de conservação da biodiversidade e da qualidade ambiental para as gerações presentes e futuras.*** Apesar da enorme influência antropogênica na estrutura e dinâmica das paisagens ao redor da Lagoa dos Patos, áreas

vitais sob o ponto de vista ambiental ainda persistem, garantindo que processos ecológicos mantenedores da vida ocorram, embora num patamar de eficiência mais baixo em função dos impactos sofridos. Esses ambientes são representados na região pelas matas, florestas, banhados e dunas, ainda devendo ser citadas as lagoas, que atuam de forma positiva na conectividade do sistema regional. A análise de mudança na cobertura e uso do solo aponta uma redução significativa desses ambientes, principalmente das matas e florestas. Apesar dos impactos sofridos, a importância da conservação de tais áreas é reconhecida, o que na área de estudo é traduzido por cerca de 4.400 km<sup>2</sup> de áreas de preservação permanente e parques. Entretanto, uma área vital pode ser eliminada de forma indireta, por processos de fragmentação de habitat, por exemplo. Assim, a manutenção da vida depende da manutenção das áreas protegidas, bem como de outras áreas especiais, cuja utilização deve ser planejada.

(c) ***A pressão de uma população urbana crescente, enfatizando formas não-agrícolas de uso da terra.*** A população urbana da região praticamente dobrou nas três últimas décadas. Guaíba e Viamão tiveram sua população urbana triplicada, influência da expansão urbana de Porto Alegre. Rio Grande e Pelotas também apresentaram altas taxas de urbanização no período, na ordem de 20%. A renda obtida pelo emprego agrícola, insuficiente para a manutenção das famílias, aliada à crescente mecanização das lavouras, tem feito com que a população se desloque para os centros urbanos, temporária ou permanentemente, causando o inchaço dos mesmos. Na região, isso vem acompanhado de uma conversão, principalmente de campos associados à agricultura e pecuária em áreas urbanas, o que ocorreu na ordem de 18.000 hectares entre 1987 e 2000. Tal processo de urbanização parece bastante óbvio. Menos óbvio, porém, é a relação existente entre as áreas mais populosas e o processo de desmatamento, que acompanha o mesmo padrão espacial do crescimento populacional.

(d) ***A demanda dos mercados locais, nacionais e internacionais.*** O crescimento da população e do poder de compra deve aumentar a demanda de uma série de produtos e, conseqüentemente, a pressão sobre os ambientes, principalmente aqueles requeridos na sua produção. Dos programas de desenvolvimento previstos, o que provavelmente terá os maiores impactos sobre a estrutura e dinâmica das paisagens ao redor da Lagoa dos Patos e no Rio Grande do Sul como um todo é o Programa de Desenvolvimento da Silvicultura. Existe um consenso geral de que a demanda por madeira continuará a crescer globalmente. Há a expectativa de que o aumento da população e do padrão de vida tanto nos países desenvolvidos quanto nos em



desenvolvimento levarão ao crescimento da demanda de madeira tanto na forma de madeira sólida quanto em produtos da celulose. Considerando as redes de produção de um mundo globalizado, não podemos considerar somente as demandas locais pelos produtos como uma das funções de força das mudanças espaciais regionais, embora os indicadores de desenvolvimento socioeconômico da região também tenham melhorado, o que deve refletir nos padrões de consumo.

#### **4.1. Recomendações de manejo**

O zoneamento ambiental proposto no presente trabalho foi baseado nas principais características ambientais da região e na legislação, apresentando classes bastante amplas, dando flexibilidade e permitindo a sua vinculação com outras fontes de informação relevantes. Seu caráter flexível, com classes amplas que podem se adequar às vocações e particularidades locais, permite que seja adotado tanto em nível regional quanto municipal. No município, porém, requer um melhor detalhamento, a ser discutido com a sociedade, o que não impede que as classes propostas sejam adotadas, constituindo um nível hierárquico superior de zoneamento. A maioria dos municípios da região carece de tais informações, fazendo com que os produtos aqui apresentados possam consistir num passo inicial importante na construção de seus planos. Independente do estágio de desenvolvimento dos planos ambientais de cada município, a absorção das informações obtidas pelo modelo de previsão de mudança permite que o foco das ações sejam as áreas de maior suscetibilidade, tornando o processo de planejamento e gestão mais eficiente. Além disso, os resultados e produtos gerados trazem contribuições e avanços importantes no que tange aos diversos instrumentos voltados à gestão ambiental da zona costeira no Brasil, estabelecidos pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC),

Recomenda-se, ainda, que esforços sejam concentrados na geração de emprego não-agrícola ao longo das áreas rurais da região. O empobrecimento do homem do campo tem levado ao crescimento exacerbado dos centros urbanos, ao redor dos quais os impactos na paisagem são mais intensos, resultando em uma perda significativa de áreas vitais. A expansão da silvicultura na região abre uma oportunidade de reversão ou alívio deste processo, desde que seja desenvolvida respeitando os princípios de sustentabilidade ecológica, econômica e social.

## **4.2. Trabalhos futuros**

Como colocado anteriormente, nossa proposta de zoneamento ambiental consiste numa primeira análise do litoral médio como um todo e, para isso, fez-se uso de um escala adequada a um estudo regional. O detalhamento em nível municipal de tal zoneamento pode e deve ser feito, podendo apresentar diferentes desdobramentos em função das características sociais, econômicas, políticas e ambientais próprias de cada localidade. Áreas de preservação são protegidas por lei e não admitem uso direto, mas áreas de conservação e, principalmente, de desenvolvimento, abarcam uma grande diversidade de usos, que variam de município para município.

Da mesma forma, o modelo de previsão de mudança considera os dados de cobertura e uso do solo na região como um todo. Pode haver diferenças no peso das condicionantes de mudança de um município para outro, ou até mesmo, condicionantes não incluídas no modelo produzido podem ter uma influência significativa quando considerado cada município isoladamente. Tal refinamento certamente aumentará a acuracidade das previsões, levando a uma melhor identificação de áreas suscetíveis. Novas infra-estruturas, bem como restrições e incentivos também devem ser incluídos no modelo, à medida que são planejados ou instalados.

Importante avanço do modelo de mudanças na cobertura e uso do solo será o seu acoplamento com modelo hidrodinâmico da Lagoa dos Patos, que, apesar da relativamente fácil execução, possibilitará a construção de cenários de impacto resultantes do aumento do nível do mar. Modelos mais específicos, como o de taxas de erosão, planejamento de corredores ecológicos e de análise dos fluxos de carbono, podem ser gerados a partir do modelo produzido, o que requer somente a inserção de dados sobre alguns parâmetros adicionais.

## **4.3. Considerações finais**

O presente trabalho não ambiciona definir parte do processo de planejamento, mas, sim, trazer subsídios a ele, utilizando as tecnologias disponíveis na geração de informações relevantes para a tomada de decisão, decisões estas com o poder de afetar a habilidade e capacidade produtiva dos ecossistemas. Constitui o primeiro passo do processo de gestão, mas ainda não o esgota. As modificações na paisagem, a supressão de áreas vitais, o empobrecimento rural, o inchaço das grandes cidades nada mais são

que falhas de governança. Um necessário processo deve ser percorrido até que os produtos e recomendações aqui apresentados baseiem ou se tornem ações. Abre-se um leque de novas oportunidades e desafios, seja na construção e implementação dos planos, que poderão ser embasados no presente trabalho, seja no aprofundamento das pesquisas em modelagem espacial, ramo novo da ciência, com alto potencial de aplicabilidade na solução dos problemas em diversas escalas. nas zonas costeiras.

## 5. Referências bibliográficas

---

- Alonso, J.A.F. 2007. A economia dos serviços na região metropolitana de Porto Alegre – RMPA: uma primeira leitura. Porto Alegre: Secretaria do Planejamento e Gestão Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Texto para Discussão nº3. 21p.
- Ares, J., Bertiller, M., del Valle, H. 2001. Functional and structural landscape indicators of intensification, resilience and resistance in agroecosystems in southern Argentina based on remotely sensed data. *Landscape Ecology*. 16: 221–234.
- Arnot, C., Fisher, P.F., Wadsworth, R., Wellens, J. 2004. Landscape metrics with ecotones: pattern under uncertainty. *Landscape Ecology*. 19: 181–195.
- Asmus, H.E., Asmus, M.L., Tagliani, P.R.A. 1989. O estuário da Lagoa dos Patos: um problema de planejamento ambiental. III Encontro de Gerenciamento Costeiro. Anais. Fortaleza. 71-95.
- Asmus, H.E., Garreta-Harkot, P.F., Tagliani, P.R.A. 1988. Geologia ambiental da região estuarina da Lagoa dos Patos, Brasil. Anais do VII Congresso Latino-Americano de Geologia. Belém. 1:408-417.
- Beskow, P. R. 1986. O arrendamento capitalista na agricultura: evolução e situação atual da economia do arroz no Rio Grande do Sul. São Paulo: HUCITEC. Vol. 1. 220p.
- Cain, D.H., Riitters, K., Orvis, K. 1997. A multi-scale analysis of landscape statistics. *Landscape Ecology*. 12: 199–212.
- Clark, J. 1977. Coastal ecosystem management. A technical manual for the conservation of coastal zone resources. New York, John Wiley & Sons. 928p.
- Clarke, R. & Timberlake, L. 1982. Stockholm plus ten – promises, promises? The decade since the 1972. UN Environment Conference. London, Earthscan.
- Cicin-Sain, B. & Knecht, R.W. Integrated Coastal and Ocean Management: concepts and practices. Washington: Island Press. 543p.
- Delaney, P.J.V. 1965. Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. Publicação Especial da Escola de Geologia, UFRGS, Porto Alegre, 6:1-195.
- Dell Rosso, C. 2005. Avaliação dos aportes de hidrocarbonetos à Lagoa dos Patos (RS – Brasil). Dissertação de mestrado. FURG. Oceanografia Física, Química e Geológica. 107p.

- Dymond, J.R. & Sheperd, J.D. 1999. Correction of the topographic effect in remote sensing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 37(5): 2618-2620.
- Ellis, E. 2006. Land-use and land-cover change. In: Pontius, R. (Ed). *Encyclopedia of Earth*. Washington: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. 1º publicação em 17 de julho de 2006. Última revisão em 26 de novembro de 2006. Acessado em 2 de janeiro de 2007. [http://www.eoearth.org/article/Land-use\\_and\\_land-cover\\_change](http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change)
- Ellis, E. & Pontius, R. 2007. Land-use and land-cover change. In: Cleveland, C.J (Ed.), *Encyclopedia of Earth*. Washington: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. Última revisão em 10 de agosto, 2007. [http://www.eoearth.org/article/Land-use\\_and\\_land-cover\\_change](http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_land-cover_change)
- Environmental Systems Research Institute, National Center for Geographic Information and Analysis, The Nature Conservancy. 1994. Accuracy Assessment Procedures – Final Draft. NBS/NPS Vegetation Mapping Program. 82p.
- FEE. 2008. FEE Dados. Fundação de Economia e Estatística. Secretaria de Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. [http://www.fee.rs.gov.br/feedados/consulta/sel\\_modulo\\_pesquisa.asp](http://www.fee.rs.gov.br/feedados/consulta/sel_modulo_pesquisa.asp)
- FEE. 2008. Resumo Estatístico do Rio Grande do Sul. Fundação de Economia e Estatística. Secretaria de Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/pt/content/resumo/index.php>
- Forman, R.T.T. 1995. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Grã-Bretanha: Cambridge University Press. 632p.
- Frohn, R.C. & Hao, Y. 2006. Landscape metric performance in analyzing two decades of deforestation in the Amazon Basin of Rondonia, Brazil. *Remote Sensing of Environment*. 100: 237 – 251.
- Garcia, A. & Palmeira, M. 2001. Transformação agrária. In: Sachs, I. & Pinheiro, P.S. (Orgs.), *Brasil: um século de transformações*. São Paulo: Companhia das Letras. p.38-77p.
- Geheln, I. 2004. Políticas públicas e desenvolvimento social rural. *São Paulo em Perspectiva*. 18(2): 95-103.
- Hargis, C.D., Bissonette, J.A., David, J.L. 1998. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*. 13: 167–186.
- Helfand, S.M. Rezende, G.C. 2001. Brazilian agriculture in the 1990s: impact of policy reforms. Rio de Janeiro: IPEA. Textos para Discussão n° 785.
- Lambin, E. F., & Strahler, A. H. (1994). Change-vector analysis: A tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*. 48, 231–244.

- Leemans, R. & Serneels, S. 2004. Understanding land-use change to reconstruct, describe or predict changes in land cover. *GeoJournal*, 61: 305–307.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. Van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.). Cambridge e Nova Iorque: Cambridge University Press. 881p.
- IRGA, 2006. Instituto Rio Grandense do Arroz. Série histórica da área plantada, produção e rendimento. <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20060626143337.pdf>
- Jardim, M.L.T. 2002. Evolução da população no Rio Grande do Sul. p.57-87. In: Accurso, J.S. (org), O Rio Grande do Sul e sua população. Porto Alegre: Secretaria do Planejamento e Gestão Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Documentos FEE nº 51.142p.
- Jenerette, G.D. & Wu, J. 2001. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona – Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*.16: 611–626.
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skanes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C., Xu, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 11 (2001) 261–269.
- Lee, D.S., Storey, J.C., Choate, M.J., Hayes, R.W. 2004. Four Years of Landsat-7 On-Orbit Geometric Calibration and Performance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 42(12): 2786-2795.
- Leite, P. F. & Klein, R. M. 1990. Vegetação. In: IBGE. Geografia do Brasil – Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE. 2: 113-150.
- Liang, S., Fang, H., Chen, M. 2001. Atmospheric correction of Landsat ETM+ land surface imagery – Part 1: methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 39(11): 2490-2498.
- Long, T. 1989. Le quartenaire littoral du Rio Grande do Sul. Temoin de quatre derniers episodes eustatiques majeurs. Geologie et evolution. Tese de doutorado. Universidade de Bordeaux. 175p.
- Magalhães, M.O. 2002. História do Rio Grande do Sul (1626-1930). Pelotas: Armazém Literário. 100p.
- McAlpine, C.A. & Eyre, T.J. 2002. Testing landscape metrics as indicators of habitat loss and fragmentation in continuous eucalypt forests (Queensland, Australia). *Landscape Ecology*. 17: 711–728.

- NASA Landsat Program. 1987. Cena Landsat TM 220\_081 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 20/01/1987.
- NASA Landsat Program. 1987. Cena Landsat TM 221\_081 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 23/08/1987.
- NASA Landsat Program. 1987. Cena Landsat TM 221\_082 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 06/07/1987.
- NASA Landsat Program. 1987. Cena Landsat TM 221\_083 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 06/07/1987.
- NASA Landsat Program. 1999. Cena Landsat ETM+ 220\_081 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 29/11/1999.
- NASA Landsat Program. 2000. Cena Landsat ETM+ 221\_081 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 24/02/2000.
- NASA Landsat Program. 2002. Cena Landsat ETM+ 221\_082 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 12/11/2002.
- NASA Landsat Program. 2000. Cena Landsat ETM+ 221\_083 ortorretificada. US Geological Survey. Sioux Falls. 18/08/2000.
- Narumalani, S., Mishra, D.R., Rothwell, R.G. 2004. Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area. *Remote Sensing of Environment*. 91: 478–48.
- Navarro, Zander. 2001. Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro. *Estudos Avançados*. 15(43): 83-100.
- Niencheski, L.F.H.; Baumgarten, M.G.Z.; Pereira, R.S. 2005. Condição ambiental da Lagoa dos Patos. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul - I Simpósio de Água da AUGM, Santa Maria. Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul. UFSM/AUGM/ABRH. Santa Maria : CD, Arquivo: X:\pdf\15.pdf, 01:01-01.
- Pessôa, A. 2008a. Import replacement policy. Brazil in Focus. Agriculture. Brazilian Chamber of Commerce in Great Britain. [www.brazilianchamber.org.uk](http://www.brazilianchamber.org.uk)
- Pessôa, A. 2008b. Subsidized rural credit policy. Brazil in Focus. Agriculture. Brazilian Chamber of Commerce in Great Britain. [www.brazilianchamber.org.uk](http://www.brazilianchamber.org.uk)
- Pessôa, A. 2008c. Agriculture: recent development and prospects. Brazil in Focus. Agriculture. Brazilian Chamber of Commerce in Great Britain. [www.brazilianchamber.org.uk](http://www.brazilianchamber.org.uk)
- Queiroz, M.L.B. 1994. Estrutura e comportamento de uma população gaúcha dos séculos XVIII e XIX. 21-32p. In: Alves, F.N. & Torres, L.H. (Orgs). Temas de história do Rio Grande do Sul. Rio Grande: Editora da FURG. 162p.

- Ritters, K., Wickham, J.D., Coulston, J.W. 2004. A preliminary assessment of Montreal process indicators of forest fragmentation for the United States. *Environmental Monitoring and Assessment*. 91: 257–276.
- Rosen, P.S. 1971. Origin and processes of cusped spit shorelines. In: L.E. Cronin (Ed.), *Estuarine Research*. New York: Academic Press, 2: 77-92.
- Schäeffler, A. 1980. Critérios e métodos para a avaliação das águas superficiais - análise da diversidade de biocenoses. Porto Alegre: UFRGS/SEMA. NIDECO. Série Taim, n° 3. 44p.
- SCP. 2006. Rumos 2015: estudo sobre desenvolvimento regional e logística de transportes no Rio Grande do Sul: documento síntese. SCP, DEPLAN-DECAPET. Porto Alegre: SCP. 473p.
- SCP. 2007. Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/default.asp>
- SEPLAG, 2008. Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul. Secretaria de Planejamento e Gestão. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/default.asp>
- Silva, J.G. 1997. O novo rural brasileiro. *Nova Economia*. 7(1): 43-81p.
- Silva, J.G. 2001. Velhos e novos mitos do rural brasileiro. *Estudos Avançados*. 15(43): 37-50.
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., Macomber, S.A. 2001. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? *Remote Sensing of Environment*. 75: 230-244.
- Stehman, S.V. & Czaplewski, R.L. 1998. Design and analysis for thematic map accuracy assessment: fundamental principles. *Remote Sensing of Environment*. 64:331–344.
- Tagliani, P. R. A. 1995. Estratégia de planificação ambiental para o sistema ecológico da restinga da Lagoa dos Patos-Planície costeira do Rio Grande do Sul. (Tese de Doutorado.). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 228 p.
- Tartaruga, I.G.P. 2008. Análise especial da centralidade e da dispersão da população do estado do Rio Grande do Sul de 1970 a 2000: metodologias e notas preliminares. Secretaria do Planejamento e Gestão Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. Texto para Discussão N° 32. 21p.
- Teixeira, M.B. & Neto, A.B.C. 1986. Vegetação. In: Levantamento dos recursos naturais. v.33. Rio de Janeiro: IBGE. Vol. 33. p.541-632.



- Thome, K.J., Helder, D.L., Aaron, D., Dewald, J.D. 2004. Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+ absolute radiometric calibration using the reflectance-based method. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 42(12): 2777-2785.
- UNEP. 2006. Marine and coastal ecosystems and human wellbeing: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment. UNEP. 76p.
- USGS. Em reprocessamento por GLCF. 2004. Arco por segundo (1, 3, 30) SRTM Elevação, reprocessado para GeoTIFF. College Park, Maryland: The Global Land Cover Facility. Version 1.0.
- Van der Veen, A. & Otter, H.S. 2001. Land use changes in regional economic theory. *Environmental Modeling and Assessment*. 6: 145–150.
- Veldkamp, A., Verburg, P.H., Kok, K., de Koning, G.H.J., Priess, J., Bergsma, A.R. The need for scale sensitive approaches in spatially explicit land use change modeling. *Environmental Modeling and Assessment*. 6: 111–121, 2001.
- Vogelmann, J.E., Helder, D. Morfitt, R., Choate, M.J., Merchant, J.W., Bulley, H. 2001. Effects of Landsat 5 Thematic Mapper and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus radiometric and geometric calibrations and corrections on landscape characterization. *Remote Sensing of Environment*. 78: 55-70.
- WCED. 1987. Our common future: the world commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press.
- Zhang, Y. & Guindon, B. 2003. Quantitative assessment of haze suppression methodology for satellite imagery: effect on land cover classification performance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 41(5): 1082-1089.

## 6. Anexos

### Anexo 1. Dados socioeconômicos

#### Demografia

Municípios	POPULAÇÃO RURAL			
	1970	1980	1990	2000
Arambaré	-	-	-	1.160,00
Barra do Ribeiro	4.714,00	4.376,00	4.773,00	2.907,00
Camaquã	33.727,00	24.495,00	22.058,00	13.314,00
Capivari do Sul	-	-	-	694,00
Cristal	-	-	3.373,00	2.618,00
Guaíba	13.524,00	10.823,00	9.281,00	2.351,00
Mostardas	12.727,00	10.413,00	4.847,00	4.629,00
Palmares do Sul	-	-	3.652,00	1.761,00
Pelotas	53.042,00	55.147,00	28.171,00	22.077,00
Porto Alegre	15.762,00	10.610,00	15.517,00	39.851,00
Rio Grande	12.567,00	9.022,00	7.556,00	7.336,00
São José do Norte	14.126,00	13.963,00	9.042,00	6.502,00
São Lourenço do Sul	30.044,00	27.523,00	22.849,00	20.228,00
Tapes	18.564,00	14.849,00	8.151,00	2.415,00
Tavares	-	-	3.397,00	2.738,00
Turuçu	-	-	-	2.072,00
Viamão	55.012,00	11.000,00	12.859,00	15.817,00
<b>Total</b>	<b>263.809,00</b>	<b>192.221,00</b>	<b>155.526,00</b>	<b>148.470,00</b>

Municípios	POPULAÇÃO URBANA			
	1970	1980	1990	2000
Arambaré	-	-	-	2.757,00
Barra do Ribeiro	4.668,00	6.119,00	6.888,00	8.938,00
Camaquã	23.561,00	32.861,00	38.972,00	47.069,00
Capivari do Sul	-	-	-	2.413,00
Cristal	-	-	2.746,00	4.014,00
Guaíba	20.156,00	44.231,00	70.418,00	91.956,00
Mostardas	1.563,00	2.556,00	4.049,00	7.029,00
Palmares do Sul	-	-	7.330,00	9.093,00
Pelotas	154.827,00	204.803,00	258.488,00	301.081,00
Porto Alegre	869.783,00	1.114.867,00	1.235.628,00	1.320.739,00
Rio Grande	103.921,00	137.093,00	162.529,00	179.208,00
São José do Norte	4.698,00	7.784,00	13.000,00	17.294,00
São Lourenço do Sul	9.842,00	14.080,00	18.436,00	23.463,00
Tapes	6.770,00	8.884,00	11.318,00	13.876,00
Tavares	-	-	1.682,00	2.604,00
Turuçu	-	-	-	1.638,00
Viamão	11.431,00	106.657,00	151.718,00	211.612,00
<b>Total</b>	<b>1.211.220,00</b>	<b>1.679.935,00</b>	<b>1.983.202,00</b>	<b>2.244.784,00</b>

Municípios	POPULAÇÃO TOTAL			
	1970	1980	1990	2000
Arambaré	-	-	-	3.917,00
Barra do Ribeiro	9.382,00	10.495,00	11.661,00	11.845,00
Camaquã	57.288,00	57.356,00	61.030,00	60.383,00
Capivari do Sul	-	-	-	3.107,00
Cristal	-	-	6.119,00	6.632,00
Guaíba	33.680,00	55.054,00	79.699,00	94.307,00
Mostardas	14.290,00	12.969,00	8.896,00	11.658,00
Palmares do Sul	-	-	10.982,00	10.854,00
Pelotas	207.869,00	259.950,00	286.659,00	323.158,00
Porto Alegre	885.545,00	1.125.477,00	1.251.145,00	1.360.590,00
Rio Grande	116.488,00	146.115,00	170.085,00	186.544,00
São José do Norte	18.824,00	21.747,00	22.042,00	23.796,00
São Lourenço do Sul	39.886,00	41.603,00	41.285,00	43.691,00
Tapes	25.334,00	23.733,00	19.469,00	16.291,00
Turuçu	-	-	5.079,00	5.342,00
Tavares	-	-	-	3.710,00
Viamão	66.443,00	117.657,00	164.577,00	227.429,00
<i>Total</i>	1.475.029,00	1.872.156,00	2.138.728,00	2.393.254,00

Fonte: FEE – Núcleo de Contabilidade Social

### Contabilidade social

Municípios	VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇOS BÁSICOS - 1985 (Cr\$ milhões)		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
Barra do Ribeiro	66.763,00	36.540,00	43.270,00
Camaquã	236.700,00	190.822,00	270,00
Mostardas	86.424,00	3.453,00	5.758,00
Palmares do Sul	91.672,00	18.295,00	55.338,00
Pelotas	158.295,00	1.230.397,00	1.276.107,00
Porto Alegre	71.560,00	5.056.555,00	7.209.920,00
Rio Grande	115.203,00	812.693,00	903.584,00
São José do Norte	43.257,00	1.238,00	75.756,00
São Lourenço do Sul	158.425,00	65.237,00	170.564,00
Tapes	83.377,00	32.611,00	86.813,00
Tavares	16.545,00	113,00	16.897,00
Viamão	93.308,00	45.526,00	395.019,00

Municípios	VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇOS BÁSICOS - 1999 (R\$ mil)		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
Arambaré	21.259,00	1.934,00	11.033,00
Barra do Ribeiro	19.321,00	7.673,00	26.732,00
Camaquã	70.267,00	166.912,00	181.644,00
Capivari do Sul	16.206,00	7.852,00	10.269,00
Cristal	15.885,00	3.119,00	12.727,00
Guaíba	11.977,00	365.144,00	258.419,00
Mostardas	57.223,00	10.803,00	27.169,00
Palmares do Sul	31.017,00	13.559,00	34.876,00
Pelotas	70.716,00	512.176,00	980.500,00
Porto Alegre	14.594,00	2.765.232,00	8.329.886,00
Rio Grande	47.584,00	663.751,00	715.286,00
São José do Norte	18.595,00	3.793,00	36.269,00
São Lourenço do Sul	71.425,00	31.124,00	90.340,00
Tapes	22.962,00	18.015,00	40.055,00
Tavares	16.906,00	1.875,00	9.447,00
Turuçu	8.589,00	13.261,00	8.143,00
Viamão	96.499,00	148.429,00	423.774,00

Municípios	VALOR ADICIONADO BRUTO A PREÇOS BÁSICOS - 2005 (R\$ mil)		
	Agropecuária	Indústria	Serviços
Arambaré	16.918,00	2.810,00	17.815,00
Barra do Ribeiro	20.491,00	12.715,00	50.710,00
Camaquã	79.890,00	189.759,00	346.460,00
Capivari do Sul	18.680,00	13.349,00	24.729,00
Cristal	17.481,00	4.463,00	23.708,00
Guaíba	14.345,00	530.298,00	482.734,00
Mostardas	50.021,00	15.338,00	51.636,00
Palmares do Sul	31.103,00	19.368,00	60.748,00
Pelotas	72.476,00	474.776,00	1.817.435,00
Porto Alegre	14.642,00	3.311.820,00	19.889.809,00
Rio Grande	81.071,00	802.045,00	1.347.484,00
São José do Norte	41.200,00	14.918,00	73.013,00
São Lourenço do Sul	79.684,00	41.538,00	178.850,00
Tapes	17.062,00	20.721,00	72.584,00
Tavares	8.426,00	4.092,00	15.897,00
Turuçu	11.924,00	8.640,00	14.869,00
Viamão	52.812,00	282.178,00	834.279,00

Fonte: FEE – Núcleo de Contabilidade Social

## IDESE

<b>ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO -1991</b>					
<b>Municípios</b>	<b>Bloco Educação</b>	<b>Bloco Renda</b>	<b>Bloco Saneamento e Domicílios</b>	<b>Bloco Saúde</b>	<b>IDESE</b>
Barra do Ribeiro	0,718	0,596	0,377	0,811	0,625
Camaquã	0,726	0,701	0,360	0,812	0,650
Cristal	0,719	0,547	0,257	0,801	0,581
Guaíba	0,765	0,623	0,495	0,824	0,677
Mostardas	0,696	0,631	0,231	0,828	0,597
Palmares do Sul	0,720	0,689	0,202	0,863	0,619
Pelotas	0,781	0,697	0,675	0,795	0,737
Porto Alegre	0,806	0,756	0,673	0,815	0,762
Rio Grande	0,752	0,755	0,622	0,770	0,725
São José do Norte	0,642	0,502	0,221	0,713	0,520
São Lourenço do Sul	0,750	0,633	0,272	0,828	0,621
Tapes	0,709	0,602	0,347	0,798	0,614
Tavares	0,697	0,529	0,059	0,835	0,530
Viamão	0,750	0,488	0,474	0,803	0,629

<b>ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO - 2004</b>					
<b>Municípios</b>	<b>Bloco Educação</b>	<b>Bloco Renda</b>	<b>Bloco Saneamento e Domicílios</b>	<b>Bloco Saúde</b>	<b>IDESE</b>
Arambaré	0,842	0,613	0,402	0,835	0,673
Barra do Ribeiro	0,811	0,655	0,723	0,907	0,774
Camaquã	0,832	0,769	0,656	0,836	0,773
Capivari do Sul	0,903	0,867	0,291	0,868	0,732
Cristal	0,794	0,642	0,421	0,837	0,673
Guaíba	0,884	0,633	0,538	0,831	0,722
Mostardas	0,804	0,667	0,305	0,872	0,662
Palmares do Sul	0,846	0,663	0,259	0,813	0,645
Pelotas	0,844	0,679	0,688	0,820	0,758
Porto Alegre	0,868	0,809	0,747	0,834	0,814
Rio Grande	0,868	0,813	0,634	0,803	0,780
São José do Norte	0,751	0,523	0,389	0,733	0,599
São Lourenço do Sul	0,829	0,653	0,341	0,861	0,671
Tapes	0,798	0,644	0,691	0,834	0,742
Tavares	0,808	0,510	0,239	0,870	0,607
Turuçu	0,819	0,663	0,107	0,837	0,606
Viamão	0,830	0,589	0,596	0,846	0,715

Fonte: FEE – Núcleo de Contabilidade Social

## Agricultura

		Área Plantada (ha) - 1991															
		Arambaré	Barra do Ribeiro	Camapuã	Capiwari do Sul	Cristal	Itauba	Mostardas	Palmares do Sul	Pelotas	Porto Alegre	Rio Grande	São José do Norte	São Lourenço do Sul	Tapes	Tavares	Turuçu
Culturas permanentes	abacate	-	1	2	-	-	1	1	1	-	8	-	-	1	4	5	-
	azeitona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	banana	-	6	19	-	1	2	15	5	-	16	3	2	-	3	3	-
	caqui	-	2	1	-	-	1	-	-	4	2	1	-	3	-	-	-
	erva-mate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	figo	-	1	1	-	1	2	-	-	20	3	-	-	6	-	-	-
	goiabada	-	4	9	-	-	-	3	2	7	3	-	-	1	-	-	-
	laranja	-	38	105	-	25	30	20	41	370	80	17	25	215	35	20	-
	limão	-	15	10	-	4	12	3	1	2	20	-	-	20	3	2	-
	maçã	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
	mamão	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	marmelo	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
	noz	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-
	pera	-	7	5	-	1	2	-	-	4	40	6	-	5	3	-	-
	pêssego	-	5	6	-	1	105	-	1	6000	616	-	-	20	4	3	-
	tangerina	-	15	28	-	5	10	1	-	67	18	-	-	27	8	1	-
	tungue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
uva	-	12	4	-	1	5	7	-	23	30	18	-	-	3	-	-	
Culturas temporárias	abacaxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	alho	-	5	10	-	1	4	1	1	30	5	100	5	25	4	1	-
	amendoim	-	5	20	-	7	2	-	-	85	-	-	-	70	5	-	-
	arroz	-	7000	25030	-	3110	2102	23850	17800	8400	500	21000	4000	8600	10300	1050	-
	aveia	-	-	20	-	30	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-
	batata-doce	-	1000	140	-	10	1000	5	6	1300	55	15	-	400	100	20	-
	batata-inglesa	-	7	180	-	400	10	5	-	3400	4	88	5	10000	60	5	-
	cana-de-açúcar	-	40	-	-	20	15	-	-	-	20	-	-	80	40	-	-
	cebola	-	2	37	-	11	8	780	36	1400	5	2000	4000	400	8	1900	-
	ervilha	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-
	fava	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	feijão	-	60	600	-	80	90	130	50	2160	25	80	500	850	350	120	-
	fumo	-	50	5200	-	300	900	-	-	1400	-	-	-	2500	600	-	-
	mamona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	mandioca	-	300	800	-	20	300	40	120	-	400	-	-	150	450	14	-
	melancia	-	20	50	-	10	120	8	60	85	15	650	-	30	80	5	-
	melão	-	20	15	-	2	50	4	10	30	18	30	-	-	4	2	-
milho	-	500	15000	-	1500	800	780	450	18000	200	400	1200	18000	3500	2200	-	
soja	-	-	4000	-	2000	-	-	120	10400	-	300	-	4000	50	-	-	
soigo	-	55	2000	-	-	50	-	-	1000	-	800	2	500	200	-	-	
tomate	-	5	9	-	2	10	-	2	150	20	20	-	3	2	-	-	
trigo	-	-	20	-	-	-	-	-	100	-	-	-	200	-	-	-	

		Área Plantada (ha) - 2001														
		Arambaré	Barra do Ribeiro	Camapuã	Capivari do Sul	Cristal	Guabua	Mostardas	Palmares do Sul	Pelotas	Porto Alegre	Rio Grande	São José do Norte	São Lourenço do Sul	Tapes	Tavares
Culturas permanentes	abacate	-	-	1	-	-	-	1	1	1	8	-	-	-	1	-
	azeitona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	banana	1	-	6	-	1	-	15	5	-	-	1	21	-	6	-
	caqui	-	1	1	-	-	1	-	-	7	2	-	1	2	-	-
	erva-mate	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	figo	-	-	-	-	-	2	-	-	20	3	-	-	1	-	-
	goiabada	-	1	10	3	-	-	2	-	-	-	-	3	7	-	2
	laranja	3	25	82	1	21	-	20	35	395	11	6	5	190	5	15
	limão	-	1	4	9	2	-	2	2	-	6	-	5	4	-	2
	maçã	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-
	maruão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	marmelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
	noz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	pêra	-	13	4	-	1	2	1	-	5	40	-	2	3	-	1
	pêssego	-	2	8	-	1	95	1	1	3000	163	1	6	20	-	1
	tangerina	-	8	26	1	4	10	7	1	68	18	5	15	22	2	2
	tungue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
uva	-	2	7	-	2	-	5	-	19	12	18	1	-	1	-	
Culturas temporárias	abacaxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1
	alho	-	-	3	-	1	1	1	1	30	1	8	3	15	1	2
	amendoim	-	-	9	-	8	-	-	-	50	-	-	-	150	-	-
	arroz	11500	8700	25220	11125	5040	2363	33000	15462	9300	1080	15000	2000	8850	12130	1770
	aveia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
	batata-doce	-	400	100	8	15	250	28	10	965	20	2	20	400	25	12
	batata-inglesa	-	-	75	-	450	-	4	4	2065	4	7	2	5000	3	3
	cana-de-açúcar	-	4	-	-	15	-	5	6	-	21	10	-	-	-	-
	cebola	-	1	22	-	4	1	750	15	1127	2	1400	2753	750	-	1800
	ervilha	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	3	-	-	-	-
	fava	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	feijão	12	6	350	1	96	8	315	55	1470	12	25	117	550	10	450
	fumo	-	20	5500	-	500	-	-	-	2453	-	-	-	3200	-	-
	mamona	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	mandioca	7	60	400	40	25	140	130	80	-	50	2	18	100	100	70
	melancia	1	100	20	2	34	20	6	24	100	1	200	7	50	20	2
	melão	-	30	7	1	1	60	2	5	25	15	30	3	-	6	1
	milho	130	120	4770	40	3600	137	700	400	14250	50	600	400	26000	250	650
	soja	100	-	3700	-	1500	-	-	-	2998	-	18	-	3000	-	-
	soργο	40	15	200	-	25	30	60	-	254	-	300	-	50	-	-
tomate	-	1	9	-	3	2	1	1	153	4	35	2	10	1	2	
trigo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: FEE – Núcleo de Contabilidade Social

## Ocupação e renda

Município	Ocupados na agropecuária	Rendimento nominal médio mensal de pessoas com 10 anos ou mais
Arambaré	609	393,45
Barra do Ribeiro	739	506,72
Camaquã	8025	506,27
Capivari do Sul	351	796,48
Cristal	2095	387,80
Guaíba	916	589,43
Mostardas	2534	422,50
Palmares do Sul	962	482,57
Pelotas	12015	649,37
Porto Alegre	850	1197,00
Rio Grande	4137	632,53
São José do Norte	6192	315,52
São Lourenço do Sul	14267	431,82
Tapes	1100	532,77
Tavares	2953	394,26
Turuçu	1641	354,21
Viamão	7270	522,93

Fonte: IBGE – Censo 2000