



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
NÚCLEO DE GERENCIAMENTO COSTEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GERENCIAMENTO
COSTEIRO



LUIZ FERNANDO PEREIRA FREIRE

**ANÁLISE MÉTRICA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DO RIO GRANDE, RS –
BRASIL**

Rio Grande, RS

2018

Ficha catalográfica

F866a	<p>Freire, Luiz Fernando Pereira. Análise métrica da paisagem do município costeiro do Rio Grande, RS - Brasil / Luiz Fernando Pereira Freire. – 2018. 57 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro, Rio Grande/RS, 2018. Orientador: Dr. Marcelo Dutra da Silva.</p> <p>1. Análise espacial 2. Geoprocessamento 3. Ecologia de paisagem costeira I. Silva, Marcelo Dutra da II. Título.</p> <p>CDU 574(816.5)</p>
-------	--

Catálogo na Fonte: Bibliotecária Vanessa Ceiglinski Nunes CRB 10/2174

LUIZ FERNANDO PEREIRA FREIRE

**ANÁLISE MÉTRICA DA PAISAGEM DO MUNICÍPIO DO RIO GRANDE, RS -
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro – PPGC da Universidade Federal do Rio Grande – FURG como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Gerenciamento Costeiro.

Linha de Pesquisa I: Caracterização e Diagnóstico de Sistemas Marinhos e Costeiros.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Dutra da Silva

Rio Grande, RS

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a construção deste trabalho, especialmente:

Aos meus pais, Dulce Maria Pereira Freire e Ubiratan Costa Freire, pelo apoio, incentivo e amor.

Ao meu orientador Dr. Marcelo Dutra da Silva pelos ensinamentos e por estar sempre presente quando precisei.

Ao meu comitê de acompanhamento: Dr. Luiz Henrique Torres e Marcelo Domingues.

Ao meu amigo Msc. Marcos Lima pela parceria e almoços no R.U.

Aos meus colegas do LEPCost: Flávia, Marília, Rafael, Ana, Welithon.

À CAPES pelo auxílio financeiro.

À secretaria do PPGC: Amandio e Danielle.

Aos professores e colegas do PPGC.

Um agradecimento especial à minha amada Isabella, pelo carinho e apoio moral.

*“A verdadeira viagem do conhecimento não consiste em procurar novas paisagens,
mas em ver com novos olhos.”*
(Marcel Proust)

RESUMO

O município de Rio Grande está situado na planície costeira no extremo sul do Estado do Rio Grande do Sul, entre a Lagoa Mirim, a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico. É um município costeiro assentado em terrenos planos com a presença de lagoas costeiras e áreas de banhado, ocorrendo zonas de depósitos arenosos e cordões de dunas, marismas, pastagens naturais e matas de restinga. As mudanças na paisagem local se intensificaram na área peninsular arenosa localizada na desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos. O presente trabalho teve por objetivo geral analisar a paisagem do município do Rio Grande do ano de 2016, na tentativa de identificar quais foram às alterações que ocorreram no espaço. Foram criadas dez classes temáticas que correspondem as atividades antrópicas como áreas rurais e urbanas, solo exposto e exóticas florestais; e as classes de origem natural como áreas úmidas, areia e dunas, duna vegetada, campo remanescente, matas nativas e água. Técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram utilizadas para analisar a paisagem local, onde foram aplicadas métricas da paisagem para quantificar as condições estruturais dos remanescentes naturais e verificar possível conectividade entre as manchas existentes. Os resultados demonstraram que a paisagem do município do Rio Grande se encontra pressionada por múltiplos tipos de forma de uso e cobertura da terra, que dividiram e minimizaram a cobertura natural do espaço. Contudo, ainda restam remanescentes naturais com alto valor para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Remanescentes distribuídos em um contexto de usos e pressões merecem atenção com relação ao efeito fragmentador da expansão urbana e dispersão de espécies florestais exóticas cultivadas.

Palavras-chave: análise espacial; geoprocessamento; ecologia de paisagem costeira.

ABSTRACT

Rio Grande county is situated on the coastal plain at the southern end of the State of Rio Grande do Sul, between Mirim Lagoon, Lagoa dos Patos and the Atlantic Ocean. It is a coastal county based on flat land with the presence of coastal lagoons and bathed areas, occurring areas of sandy deposits and strings of dunes, marshes, natural pastures and restinga forests. Changes in the local landscape intensified in the sandy peninsular area located at the mouth of the Patos Lagoon estuary. The present work had the general objective of analyzing the landscape of Rio Grande in 2016, in an attempt to identify which changes occurred in space. Ten thematic classes were created that correspond to anthropic activities such as rural and urban areas, exposed soil and exotic forest; and classes of natural origin such as wetlands, sand and dunes, vegetated dune, remaining field, native forests and water. Geographic Information System (GIS) techniques were used to analyze the local landscape, where landscape metrics were applied to quantify the structural conditions of the natural remnants and to verify possible connectivity between the existing spots. The results showed that Rio Grande landscape is under pressure from multiple types of use and land cover, which divided and minimized the natural coverage of the area. However, there are still natural remnants of high value for the maintenance of biodiversity and ecosystem services. Remnants distributed in a context of uses and pressures deserve attention in relation to the fragmenting effect of urban expansion and dispersion of exotic forest species cultivated.

Keywords: spatial analysis; geoprocessing; coastal landscape ecology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo	14
Figura 2: Fluxograma dos procedimentos de geoprocessamento das imagens	23
Figura 3: Cena Landsat 8 Rio Grande, RS e cena Landsat 8Taim, RS	24
Figura 4: Polígono do limite do RG e corte do mosaico	26
Figura 5: Imagem não restaurada (esquerda) e imagem restaurada (direita) ..	27
Figura 6: Segmentação da imagem nas bandas 3, 4 e 5	28
Figura 7: Exemplos de áreas classificadas do RG	28
Figura 8: mapa de classificação da paisagem do município do Rio Grande	32
Figura 9: Localização de parte da Lagoa dos Patos	33
Figura 10: Exemplo de área úmida do RG	34
Figura 11: Exemplo de areias e dunas do RG	35
Figura 12: Exemplo de área coberta por dunas vegetadas	35
Figura 13: Exemplo de área coberta por campo	36
Figura 14: Manchas de matas nativas	37
Figura 15: Classe urbano representada pela sede do RG	39
Figura 16: Localização da área rural	39
Figura 17: Localização de uma área de solo exposto	40
Figura 18: Localização de áreas de cultivo de exóticas	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pontos orbitas das cenas LandSat 8.....	24
Tabela 2: Métricas da paisagem no plano de classes.....	37
Tabela 3: Métricas do plano de paisagem.....	44

LISTA DE SIGLAS

CA - Área de Classe

ED - Densidade de Bordas

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

MPS - Tamanho Médio da Mancha

MSI - Índice Médio de Forma

NumP - Número de Manchas

PSSD - Desvio Padrão do Tamanho das Manchas

RG - Rio Grande

RS - Rio Grande do Sul

SDE - Índice de Uniformidade de Shannon

SDI - Índice de Diversidade de Shannon

TE - Total de Bordas

TLA - Área da Paisagem

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	11
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 – Ecologia da paisagem	16
2.1.1 – Estrutura da paisagem	18
2.1.2 – Métricas de paisagem	19
2.2 – Sensoriamento remoto e Geoprocessamento na Ecologia de paisagem .	20
2.3 – Planejamento e gestão de áreas costeiras	21
3 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
3.1. - Aquisição e geoprocessamento das imagens	24
3.2 – Reprojecção das bandas	24
3.2.1 - Mosaico das imagens	25
3.2.2 - Corte do mosaico	25
3.3. - Etapas do geoprocessamento no software SPRING	25
3.3.1 - Restauração das bandas	25
3.3.2 - Segmentação das bandas	26
3.3.3 - Classificação da imagem	27
3.3.4 - Refinamento da classificação	28
3.4 - Aplicação dos descritores métricos da paisagem	28
3.5 - Descrição das equações dos índices métricos	29
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 - Composição do espaço	32
4.2 - Análise métrica de paisagem no plano de classes	35
4.3 – Análise métrica de paisagem no plano da paisagem	42
5 - CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e a pressão antrópica decorrente do processo de usos e transformação do espaço impactam os ambientes costeiros de forma bastante severa. Nos últimos dois séculos ocorreram intensos processos de ocupação das áreas litorâneas, onde cerca de 50% da população do planeta vive a menos de 60km do litoral. Existem previsões de que essa porcentagem atinja 75% em duas décadas. A faixa territorial de costa abrange apenas 10% das áreas habitáveis disponíveis no mundo, entretanto, cerca de dois terços das maiores cidades do mundo se localizam em zonas costeiras, com uma estimativa de mais de 6 milhões de habitantes (DIAS, et al.2009).

Em escala nacional a zona costeira se estende por 10.800 quilômetros ao longo da costa, contabilizando as reentrâncias, e abrange o território de 395 municípios distribuídos ao longo dos 17 estados litorâneos (ZAMBONI, et al. 2008). Sendo neste contexto a ocupação urbana, industrial, extração de minérios, combustíveis fósseis e infraestrutura turística proporcionam pressão em ambientes frágeis da zona costeira.

A Constituição Federal (1988), no parágrafo 4º, do art. 225, define a zona costeira como patrimônio nacional e especifica que “sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais”. A fauna e a flora da zona costeira compõem um sistema biológico complexo e sensível, que abriga extraordinária inter-relação de processos e pressões, exercendo um papel fundamental na maior parte dos mecanismos reguladores costeiros (MMA, 2007). A zona costeira é um ambiente cuja importância biológica para a conservação da biodiversidade é considerada “extremamente alta” e “muito alta”, (MMA, 2007 apud CHOMENKO e AZEVEDO, 2016).

A população costeira do Rio Grande do Sul é majoritariamente urbana e concentra cerca de 1,2 milhões de habitantes ou 11,8% do total do estado em um gradiente de média densidade no litoral norte que inclui a capital do estado até as baixas densidades dos litorais médio e sul (STROHAECKER, 2008). De acordo com Lima (2014), o estado do Rio Grande do Sul possui o litoral mais linear e uniforme no país, onde a Planície Costeira é uma faixa com 620 km de

costa e 33.000 km² de área, o que corresponde, aproximadamente, a 9,5% do território gaúcho.

Rio Grande está situado na planície costeira no extremo sul do estado, entre a Lagoa Mirim, a Lagoa dos Patos e o Oceano Atlântico, é um município costeiro assentado em terrenos planos com a presença de lagoas costeiras e áreas de banhado, ocorrendo zonas de depósitos arenosos e cordões de dunas, marismas, pastagens naturais e matas de restinga. O clima da região pode ser classificado como Subtropical Úmido, e possui uma topografia de característica plana (FREITAS, M.W.D.; PORTO, F.S.; MARTHA, E.G.M.; BICCA, 2015).

A história da formação do município do Rio Grande tem origem no ano de 1737. Este processo de ocupação europeia na região do município inicia-se quando da descoberta da Barra do Rio Grande por Pero Lopes de Souza, resultado das buscas pela costa para tentar achar vestígios de uma embarcação perdida que tinha como destino o Prata. A grande massa de água que ali desembocava no Oceano Atlântico foi denominada de Rio Grande de São Pedro, justamente por razão de ser na mesma data da observação da Barra o dia deste santo no calendário eclesiástico (TORRES, 2015).

Entretanto, a grande massa de água na verdade representava uma área estuarina onde as águas doces da Laguna dos Patos se mesclavam às águas salgadas do oceano Atlântico (MARTINS & PIMENTA, 2004).

De acordo com Torres (2015), a entrada em direção ao continente só se dá no século 18 na tentativa de identificar melhor a região através do acesso facilitado pela Lagoa dos Patos, a geologia arenosa e a existência de grandes áreas úmidas dificultaram a exploração e ocupação do interior do município.

A partir do século XIX, quando os criadores de gado encontraram uma forma mais rentável de comercializar a carne e o couro com a introdução das charqueadas. Assim, em 1835 a Vila do Rio Grande torna-se cidade e assume o posto de capital imperial do Estado e possuía o único porto marítimo do Rio Grande do Sul. Isso permitiu no século XIX uma expansão das atividades mercantis através do comércio de importação e exportação.

Segundo Oliveira, Asmus e Domingues (2012), o processo de crescimento urbano-portuário-industrial de Rio Grande, foi impulsionado por condicionantes econômicas e políticas, assim como pelas condições

geográficas que a cidade oferecia, o município funcionava como um “escoador” de mercadorias por via marítima justamente pelo fato de se localizar as margens da lagoa dos patos e manter conexões com outras regiões mais prosperas, o que favoreceu a ampliação de setores econômicos fundamentais,

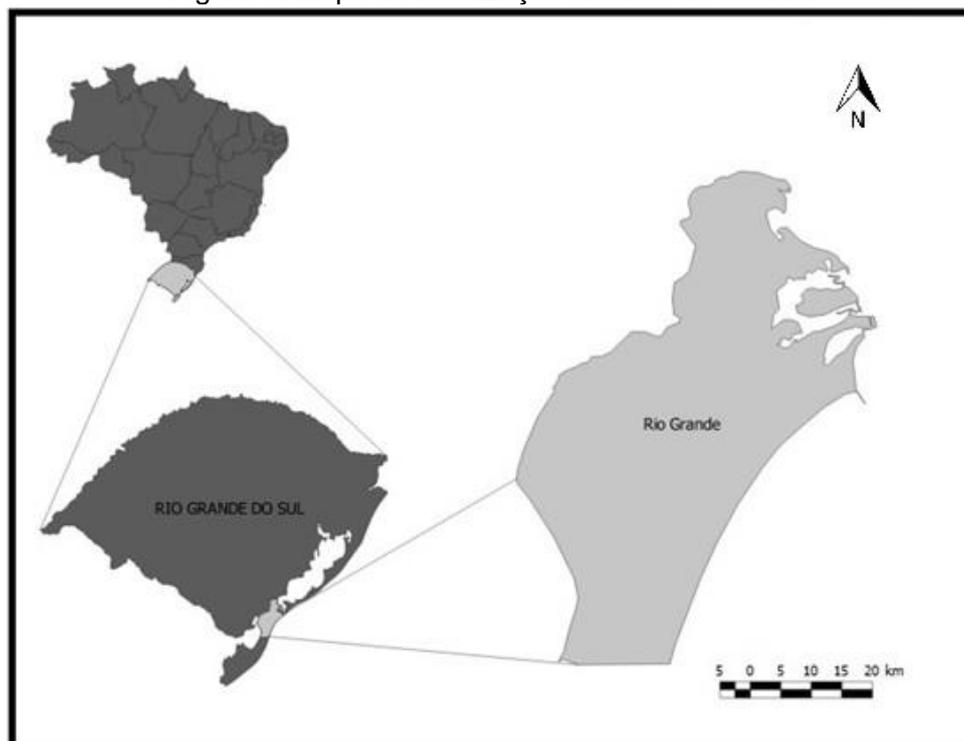
Com a presença do porto, indústrias de grande porte se instalaram na cidade, incrementando renda e conseqüentemente, acréscimo na população. Isso acarretou na desordenada expansão da cidade, que se viu obrigada a realizar aterros, já que a área peninsular era arenosa pela sua localização na desembocadura do estuário da Lagoa dos Patos.

O rápido crescimento econômico nos municípios gera pressões diversas na cidade e no meio ambiente, sendo imprescindível o entendimento do processo evolutivo e uma visão da totalidade dos processos para se buscar de forma conjunta a sustentabilidade ambiental e o bem-estar social.

Ao analisar as modificações ambientais que ocorreram nesse processo podemos ressaltar que a cidade cresceu por meio de aterros sobre áreas inundadas nas margens da lagoa dos patos e em áreas inundáveis no interior do município adjacentes as lagoas e arroios (OLIVEIRA; ASMUS; DOMINGUES, 2012), o que contribuiu para o surgimento de parte dos bairros residenciais que hoje circundam a área central da cidade. Um exemplo disto, foi a instalação da Refinaria de Petróleo Ipiranga (refino do petróleo) numa área aterrada sobre terrenos alagadiços compostos por banhados, esta foi erguida junto às margens do Saco da Mangueira (MARTINS, 2004).

Rio Grande localiza-se entre terrenos planos do litoral rio-grandense, o espaço reúne áreas úmidas, campos, dunas, marismas, matas de restinga e usos diversos, que formam unidades de paisagem (FREITAS, et.al., 2015). Possui uma área total de 2.709,522 km² e uma população estimada de 208.641 para ano de 2016 (IBGE, 2016) (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: autor, 2016.

Município portuário, Rio Grande conta com participação nacional na logística de cargas, na pesca, na indústria e na produção de petróleo e gás (OLIVEIRA, et.al., 2013). Entre as outras atividades que alteram a paisagem, que já foram citadas, a agropecuária cumpre um papel importante como agente transformador da paisagem (cultivo de arroz, cebola e alho; criação de bovinos, ovinos e aves), visto que ocupa extensas áreas que contribuem para o alto grau de transformação e fragmentação da paisagem local.

Ainda com relação a transformação do espaço promovido pela agropecuária, cabe destacar no município o predomínio no uso da monocultura de arroz irrigado. De acordo com Weiss et al (2013) destaca-se este uso intensivo devido à topografia plana da região e, principalmente pela presença dos corpos de água e banhados, tipicamente destinados para irrigação das plantações.

O mesmo vem acontecendo com a expansão do pinus no município, pelo fato dele ainda não ter sido erradicado de locais delicados vem ocasionando a fragmentação dos ambientes e comprometendo a biodiversidade local, justamente porque tem ocupado áreas de banhado e

dunas. Com isso, uma consequência da inexistência de planos de manejo é a alta dispersão da espécie de forma descontrolada.

O município de Rio Grande possui sua ocupação urbana margeada de ambientes frágeis, sendo assim as intervenções antrópicas tem consequências diretas sobre estes ecossistemas.

Dentro desta problemática da gestão costeira, vários fatores contribuem para o agravamento dos conflitos de uso e ocupação do espaço, principalmente em municípios que exercem a função portuária como é o caso de Rio Grande. Em portos nos quais a atividade econômica é consideravelmente elevada e a estrutura e a dinâmica possuem alto grau de complexidade, os impactos/conflitos gerados podem afetar tanto os ecossistemas adjacentes como também o modo de vida da população.

Mesmo assim, a paisagem do município do Rio Grande ainda apresenta importantes remanescentes naturais íntegros e fundamentais para a conservação da biodiversidade.

A praia do Cassino, pertencente ao município e merece destaque com relação aos remanescentes naturais, pois é uma das praias mais extensas do mundo e abriga vastos cordões arenosos preservados, pontuados por trechos urbanizados do balneário, além de ocupações ilegais e atividades portuária e militar. Com relação ao balneário, os principais impactos estão relacionados a disposição inadequada de resíduos sólidos, pesca predatória e o tráfego de veículos na faixa de areia (RIO GRANDE, 2007).

As relações espaciais entre as manchas naturais e as manchas de origem antrópica assumem importância com relação aos processos de seleção de zonas prioritárias para a conservação e preservação dos ambientes naturais do município.

O crescente interesse em desenvolver pesquisas em ecologia da paisagem se dá pela sua característica de possibilitar a quantificação da estrutura da paisagem, que é um pré-requisito para compreensão das funções e mudanças de uma paisagem.

Para a aplicação prática dos conceitos de ecologia da paisagem, é necessária uma prévia caracterização da paisagem. Neste sentido, as técnicas de geoprocessamento, em especial o sensoriamento remoto e o sistema de

informações geográficas, vêm assumindo papel estratégico nesse ramo da ciência.

O sucesso da aplicabilidade do sensoriamento remoto deve-se principalmente às suas características de multiespectrabilidade, de visão sinóptica, de repetitividade, que permitem uma melhor caracterização dos atributos de uma paisagem. Os sistemas de informações geográficas têm-se destacado pela sua capacidade de interação e análise dos diferentes planos de informação que caracterizam as paisagens.

O presente trabalho de pesquisa teve por objetivo principal avaliar a mudança da paisagem em consideração aos remanescentes de vegetação e sua relação com as atividades antrópicas no município do Rio Grande, por meio de classificação de cenas de satélite e métricas espaciais de análise da paisagem. Com a leitura e análise das métricas é possível compreender a composição e o estado atual da paisagem, podendo ser útil como subsídio para orientar a tomada de decisão com relação ao planejamento ambiental do município.

Sem o planejamento ambiental e territorial necessários, as diversas atividades antrópicas alteram a paisagem natural podem promover a fragmentação e retalhamento das áreas importantes para a conservação. Este trabalho pode possibilitar o entendimento dos processos naturais e culturais atuantes nos ecossistemas do município, com a perspectiva de análise e de planejamento ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ecologia da Paisagem

A paisagem foi introduzida como termo científico-geográfico no século XIX por A. von Humboldt, que a definiu como “a totalidade das características de uma região do planeta”. O desenvolvimento da Geografia, da Geologia e das ciências que enfocavam, a princípio, somente os aspectos físicos da Terra, levou o significado do termo a se restringir, ao enfoque da caracterização fisiográfica, geológica e geomorfológica das feições da crosta terrestre. Contudo, geógrafos russos, que já integravam fenômenos orgânicos e

inorgânicos no conceito da paisagem, denominaram o seu estudo de “geografia da paisagem” (NAVEH, LIEBERMAN, 1994).

Em 1938 o termo ecologia de paisagem foi cunhado na Alemanha pelo biólogo e geógrafo Carl Troll, que ao observar uma fotografia se propôs a estudar a rede de causa e efeito entre as comunidades vivas e as condições ambientais da paisagem.

Neste contexto surge a ecologia de paisagem, ciência que busca entender a interação entre os ambientes presentes na paisagem e seus processos ecológicos em uma convergência das ciências sociais e naturais (TURNER, 2005).

Ao estudarmos os ambientes naturais e os impactos causados a eles destaca-se a ecologia de paisagens, que busca entender nas abordagens geográfica e ecológica as interações espaciais entre as unidades do ambiente em análise (METZGER, 2001).

Metzger (2001) diz que a ecologia de paisagens é mais do que analisar detalhadamente os impactos locais, ela procura entender as modificações estruturais e, portanto funcionais, trazidas pelo homem no mosaico como um todo, incorporando de forma explícita toda a complexidade das inter-relações espaciais de seus componentes, tanto naturais quanto culturais. A paisagem é definida por Metzger e colaboradores (2007) como um mosaico heterogêneo composto por unidades interativas delimitadas por sua área, forma e disposição espacial de acordo com um observador em uma escala de observação.

Para Lima (2014) a estrutura da paisagem diz respeito ao padrão espacial ou arranjo dos elementos que a compõem, refere-se às relações espaciais entre ecossistemas distintos. O funcionamento refere-se ao movimento e fluxos de animais, plantas, água, vento, materiais e energia através da estrutura. A mudança considera a dinâmica ou alteração no padrão espacial e no funcionamento ao longo do tempo.

De acordo com Bürgi e colaboradores (2004), a paisagem tem como característica a sua capacidade de se modificar em decorrência de influentes processos naturais e antrópicos ao longo do tempo. As alterações da paisagem e a fragmentação de habitats proporcionam significativa perda de espécies.

Para Turner e Gardner (1990), a paisagem pode ser simplesmente considerada como uma área espacialmente heterogênea, contudo três de suas

características devem ser consideradas: sua estrutura, sua função e suas alterações. Essas características são definidas por Forman e Godron (1986) como a estrutura, onde a relação espacial entre diferentes ecossistemas ou elementos presentes na paisagem, ou seja, é a distribuição da energia, dos materiais e espécies em relação ao tamanho, forma, número, tipo e configuração dos ecossistemas; a função: refere-se à interação entre os elementos espaciais, que são o fluxo de energia, materiais e organismos dos ecossistemas componentes; e alterações: mudanças na estrutura e função do mosaico ecológico, ao longo do tempo.

A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é, portanto, o pré-requisito para o estudo da função e das alterações de uma paisagem (McGARIGAL; MARKS, 1995).

2.1.1 Estrutura da paisagem

Segundo Forman e Godron (1986), as paisagens possuem uma estrutura comum e fundamental, composta pelos elementos: mancha, matriz e corredor. A mancha (denominada por alguns autores de patch, fragmento, site entre outros) refere-se ao elemento básico que forma uma paisagem (URBAN et al., 1987).

Ainda de acordo com Forman & Godron (1986), as manchas são superfícies não lineares, que estão inseridas na matriz e diferem em aparência do seu entorno, variam em tamanho, forma, tipo de heterogeneidade e limites.

Para Farina (1998) a estrutura da paisagem é considerada antes de tudo uma série de fragmentos, circundados por uma matriz com composição diferente. Os fragmentos podem ser naturais de uma paisagem ou terem surgido como resultado de ações antrópicas.

Quando o processo de fragmentação dos ecossistemas naturais é decorrente de ações antrópicas, torna-se uma ameaça à biodiversidade, neste sentido a contínua perda de áreas naturais pode ocasionar a perfuração e dissecação de habitats sem a perda de conexão (COLLINGE; FORMAN, 1998). Quando intensificada, resulta em uma sequência de processos de transformação espacial que implica na subdivisão ou isolamento de habitats, transformando-os em fragmentos disjuntos, mais vulneráveis a pressões antrópicas (HADDAD et al., 2015; JAEGER, 2000).

O conhecimento dos elementos de uma paisagem é, portanto, essencial para a caracterização de sua estrutura e para a identificação de seus padrões. Segundo Dunning e colaboradores (1992) e Turner (1989), a estrutura de uma paisagem deve ser caracterizada e ter seus padrões definidos com base na sua configuração e composição.

2.1.2 Métricas de paisagem

A quantificação das alterações e influência da fragmentação e habitats é realizada através de análise métrica, que são algoritmos que quantificam características específicas aplicadas em nível do fragmento isolado das classes de fragmentos ou em toda a extensão da paisagem, o que permite reconhecer o seu padrão estrutural, suas características e tendências a mudanças. Podendo ser aplicadas em informações sobre o espaço geográfico, principalmente mapas de cobertura vegetal ou de uso e ocupação do solo (REZENDE, 2011).

Dentre o vasto número de métricas existentes, Rezende (2011) destaca as métricas de área e tamanho como importantes ferramentas para compreender a estrutura da paisagem, uma vez que a riqueza e abundância de espécies está relacionada com a área de hábitat existente.

As métricas de forma e de borda também são utilizadas justamente porque são imprescindíveis para mensurar a fragmentação, pois o formato de um fragmento está diretamente relacionado com seu efeito de borda. O ideal é que os fragmentos sejam o mais próximo possível da forma circular, pois esse formato minimiza a relação borda área e o centro do fragmento fica protegido dos efeitos da matriz por estar mais distante da borda do que em formatos alongados ou muito irregulares.

A quantificação para a análise da estrutura espacial é importante, pois fornece informações importantes ao planejamento, à conservação e à preservação dos recursos naturais, uma vez que, qualquer diminuição ou mudança espacial em área de um fragmento pode reduzir o número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, podendo comprometer a regeneração natural das espécies e a sustentabilidade do ecossistema.

O resultado da análise métrica permite lidar tanto com a paisagem como um todo ou com ecossistemas específicos, sendo possível a partir da ecologia de paisagem adotar ou propor soluções aos problemas ambientais, mudanças na paisagem, que resultam de atividades feitas sem planejamento. Conforme Ganem (2010) a Ecologia de Paisagens passa a ser um instrumento recente de planejamento ambiental e que visa investigar a heterogeneidade espacial para definir padrões de habitat com base em aspectos geomorfológicos, de cobertura vegetal e de ocupação humana. Estudos de ecologia da paisagem permitem a definição de unidades naturais da paisagem e auxiliam na conservação da biodiversidade e no manejo de recursos naturais.

A partir da análise das métricas de paisagem é possível observar alterações na paisagem natural da região relacionadas com as atividades antrópicas exercidas que promovem a expansão da paisagem cultural em detrimento da qualidade dos ecossistemas.

2.2 Geoprocessamento na ecologia da paisagem

Por meio da análise da classificação da imagem de uso e ocupação da terra é possível verificar as alterações na paisagem promovidas pelas atividades antrópicas e fenômenos naturais. A análise da estrutura da paisagem deve ser realizada por meio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O geoprocessamento trata das diversas técnicas empregadas na coleta, armazenamento, processamento, análise e representação de dados com expressão espacial, isto é, possíveis de serem referenciados geograficamente (VETTORAZZI, 1996).

O sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens da superfície terrestre por meio da energia refletida pela superfície, onde é possível obter imagens de uma mesma área em diferentes canais ou bandas (FLORENZANO, 2011).

Os diferentes sensores fornecem determinada resolução espacial, que nada mais é que capacidade que o sensor tem de diferenciar objetos em função do seu tamanho. A resolução de um sensor pode variar de 50 cm a 1 km. A resolução usada nesta pesquisa é de 30 metros e corresponde a 30x30, ou seja, cada lado de um pixel tem 30m (FLORENZANO, 2011). O sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas são as

técnicas do geoprocessamento que são bastante empregadas em estudos de ecologia da paisagem (YOUNG et al., 1993). Para Turner e Carpenter (1998), essas técnicas tornaram-se essenciais em ecologia da paisagem, porque tem a capacidade de caracterizar no espaço e no tempo, os padrões de uso e cobertura do solo, que são a base para posterior quantificação da estrutura e definição dos padrões da paisagem.

O resultado da classificação de uma imagem identifica os elementos da paisagem no mapa de uso e cobertura da terra, onde são agrupados em classes os objetos similaridades no nível espectral. Dessa forma o resultado de uma classificação digital de imagens é um mapa temático, no qual cada pixel ou grupo de pixel da imagem foi classificado em uma classe. Na classificação o analista deve fornecer amostras realizando a identificação dos pixels ou grupos de pixels, coletando amostras pertencentes a uma mesma classe (FLORENZANO, 2011).

Com a variação de energia refletida pelos objetos é possível distinguir os objetos que compõem a superfície terrestre, como vegetação, água, e o solo, que refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com as suas características biofísicas e químicas (FLORENZANO, 2011).

2.2.1 Planejamento e gestão de áreas costeiras

O planejamento ambiental surge da necessidade de organizar o uso da terra, em função dos crescentes conflitos por terras, águas, recursos energéticos e biológicos que vêm acontecendo ao longo da três últimas décadas de forma mais intensa. Para isso, se faz necessário que o planejamento fundamente-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente, com a missão de estabelecer relações entre os sistemas ecológicos e os processos socioeconômicos, com o objetivo final de manter a melhor qualidade possível dos seus elementos componentes (SANTOS, 2004).

Ainda de acordo com Santos (2004), planejamento é um processo contínuo que envolve a coleta, análise e síntese, composto por etapas que estabelecem os métodos para a tomada de decisão para a resolução dos problemas. Senso assim, o planejamento ambiental busca a solução dos

conflitos de uso e ocupação da terra, mostrando-se uma ferramenta útil para o manejo e conservação ambiental (LIMA, 2016).

Os planejadores precisam considerar a apresentação de diversas propostas de solução facultativas e suas relações. As propostas devem ser discutidas pelas comunidades, lideranças e gestores ambientais. Logo, a tomada de decisão será mais acertada seguindo esses passos que possibilitam a definição das ações de planejamento e ordenação do território (SANTOS, 2004).

Nesse contexto, surge o gerenciamento costeiro integrado para dar atender à necessidade de administrar os recursos naturais da zona costeira de forma sustentável (ASMUS et al., 2004). Criado em 1988 o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), sofreu uma atualização no ano de 1997 e ganhou sua segunda versão, o PNGC II, este foi aprovado pela Resolução nº 5 de 03/12/97 da CIRM (PNGC, 2015).

O PNGC II buscou intensificar e reforçar a ideia de que os planos em nível estadual devem ser também responsabilidade dos setores federal e municipal, em parceria com a sociedade. Outros avanços como o treinamento de profissionais dos órgãos ambientais, o estabelecimento de convênios para o desenvolvimento de ações a serem realizadas em conjunto em nível intergovernamental e intersetorial, a elaboração de zoneamentos, o estabelecimento de fóruns interinstitucionais de discussão e a formulação de ações de planejamento foram importantes para o aperfeiçoamento no PNGC (POLETTE et al., 2006).

No Rio Grande do Sul o processo de gerenciamento costeiro foi construído apoiado em instrumentos de planejamento ambiental e gestão, principalmente o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), enquadramento dos recursos hídricos, planos de ação e gestão, monitoramento costeiro, licenciamento e fiscalização de atividades de uso e ocupação na zona costeira (FEPAM, 2016).

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um mapeamento baseado em estudos técnicos, no qual áreas distintas são identificadas com suas potencialidades e fragilidades (Asmus et. al.,2004). O zoneamento é dividido em quatro etapas: diagnóstico físico-natural; diagnóstico socioeconômico, diagnóstico socioambiental; e zoneamento ou uso planejado. Muito usado

pelos planejadores ambientais o ZEE foi estabelecido pelo Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, que prevê a reabilitação e recuperação da qualidade ambiental e tem por objetivo o desenvolvimento socioeconômico associado ao manejo dos recursos naturais para promover melhores condições de vida (REMPEL et al 2008).

Sua meta é o desenvolvimento socioeconômico condicionado a manutenção, em longo prazo, dos recursos naturais e melhoria das condições de vida do homem. Trabalha, essencialmente, com indicadores ambientais que destacam as potencialidades, vocações e fragilidades do meio natural. Pela sua própria concepção, é muito usado pelos planejadores ambientais (REMPEL et al. 2008)

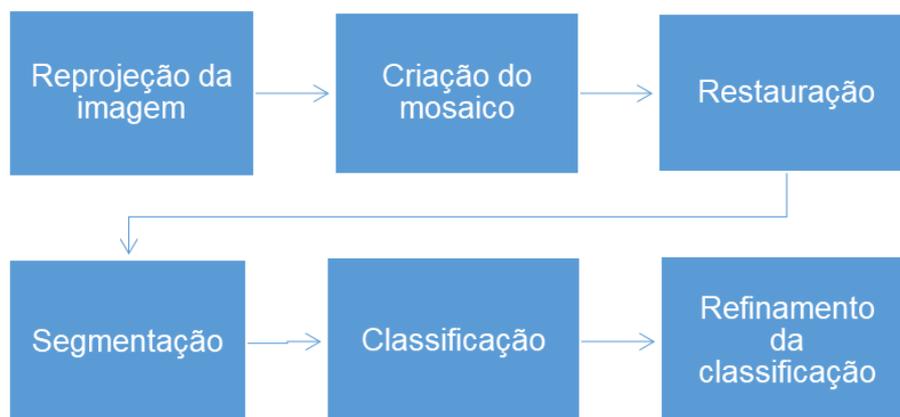
O desenvolvimento de estudos fundamentados em imagens de satélite deve servir como subsídio para o Zoneamento Ecológico-Econômico, onde é possível utilizar as ferramentas disponíveis no Sensoriamento Remoto e nos Sistemas de Informações Geográficas (CREPANI et al. 2001).

As atividades de uso e ocupação na zona costeira podem ser planejadas levando em consideração os descritores métricos oferecidos pela ecologia de paisagem.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos deste trabalho estão divididos em duas etapas, a primeira dedicada ao geoprocessamento, para isso foram utilizados os softwares QGIS e SPRING, e a segunda etapa consiste na análise métrica espacial com os resultados obtidos por meio do plug-in Patch Analyst do ArcGis. O geoprocessamento envolve a aquisição, tratamento e classificação de imagens de satélite (Figura 2) e análise métrica envolve a aplicação de descritores métricos da paisagem.

Figura 2: Fluxograma dos procedimentos de geoprocessamento das imagens.



Fonte: autor, 2017.

3.1. Aquisição e geoprocessamento das imagens

O mapeamento do uso e cobertura da terra do município do Rio Grande iniciou-se a partir da aquisição de imagens do satélite Landsat-8 Sensor TM de duas cenas do mês de Janeiro do ano de 2016 (Figura 3). As imagens foram retiradas do site Earth Explorer United States Geological Survey (USGS), onde a resolução espacial das imagens é de 30 metros. As bandas escolhidas para o trabalho foram a 3, 4 e 5.

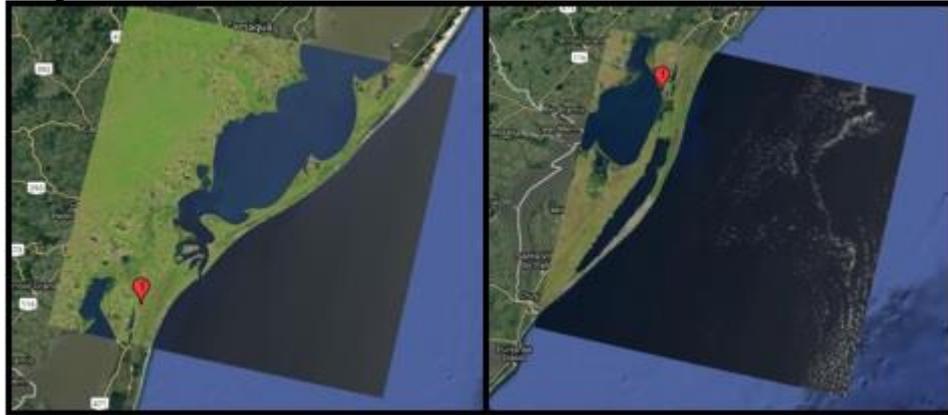
As imagens Landsat-8 foram coletadas no mesmo período sazonal, no verão e possuem os pontos e orbitas conforme tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Pontos orbitas das cenas LandSat 8.

Cenas	Ponto	Orbita
Rio Grande, RS / parte Norte	221	82
Taim, RS / parte Sul	221	82

Fonte: autor, 2016.

Figura 3: Cena Landsat 8 Rio Grande, RS e cena Landsat 8Taim, RS



Fonte: Autor, 2016.

3.2. Reprojeção de imagens

Com o auxílio de ferramentas do QGIS, as imagens Landsat 8 sofreram o processo de reprojeção, no software Qgis resultando na troca do WGS 84 para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) código EPSG 31982 projeção/datum SIRGAS2000/UTM 22S. A necessidade deste processo é em função do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, o SIRGAS2000, ser oficialmente o único sistema geodésico de referência utilizado no Brasil a partir do ano de 2015. A aplicação de outros sistemas geodésicos de referência que não possuam respaldo legal pode causar inconsistências e imprecisões na combinação de outras bases de dados no georreferenciamento (IBGE, 2017).

3.2.1. Mosaico das imagens

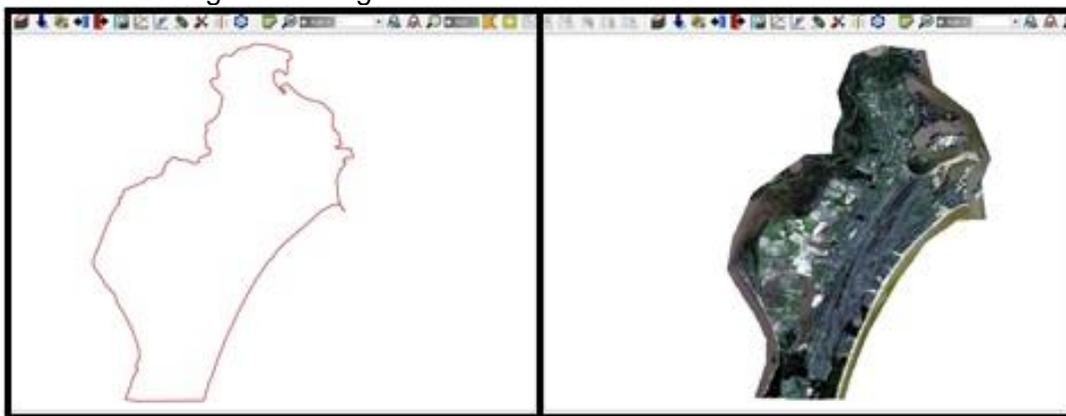
Nesta etapa do geoprocessamento foi construído o mosaico das imagens do município, visto que os limites das cenas disponíveis pelo Landsat-8 Sensor TM não contemplam em apenas uma cena a área total do município do Rio Grande. Para a cena que abrange a região norte do limite do município do Rio Grande, a busca foi realizada inserindo na ferramenta de pesquisa de imagens o nome do município do Rio Grande, RS. E para a encontrarmos a cena que contemplasse a região sul do município, foi realizada a busca pesquisando pela região do Taim, RS como referência. Com a obtenção das duas cenas (figura 3) foi possível obter toda a área limite do município do Rio Grande. A partir deste processo de busca e obtenção das imagens foi possível

gerar o mosaico no software QGIS, que corresponde ao procedimento de junção das duas cenas possibilitando assim, o próximo procedimento.

3.2.2. Corte do mosaico

Na próxima etapa dos procedimentos realizados no QGIS foi aplicado o corte do mosaico das imagens selecionando as bandas 3, 4 e 5. O corte foi realizado com o auxílio da máscara formada pelo polígono que define o limite do município do Rio Grande (Figura 4).

Figura 4: Polígono do limite do RG e corte do mosaico.



Fonte: autor, 2017.

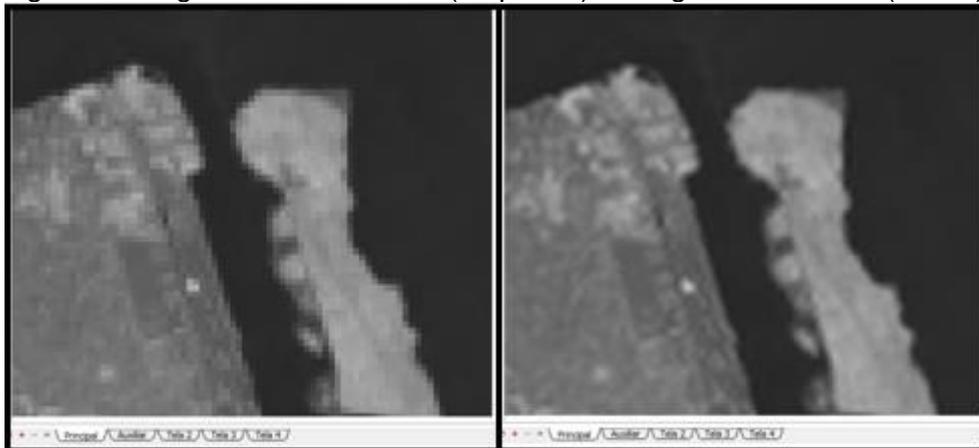
3.3. Etapas do geoprocessamento no software SPRING

Após um primeiro tratamento das imagens no software QGIS, que gerou o mosaico das imagens Landsat 8 do município do Rio Grande, foram realizados outros procedimentos no software SPRING para a elaboração do mapa da classificação de uso e cobertura da terra do Rio Grande. Abaixo seguem as etapas de geoprocessamento realizadas no SPRING.

3.3.1. Restauração das bandas

Restauração é um processo de melhoramento da qualidade visual da imagem. Esse procedimento de compressão da imagem e suavização dos contornos ajuda a melhorar a qualidade visual da imagem. Por sua vez, as imagens TM com resolução de 30m podem ter a qualidade visual semelhante a resolução espacial de 20 ou 15m (FLORENZANO, 2011). No processo de restauração realizado no SPRING, foi possível melhorar a imagem do mosaico do RG, passando de uma qualidade visual de 30m para 15m (Figura 5).

Figura 5: Imagem não restaurada (esquerda) e imagem restaurada (direita).



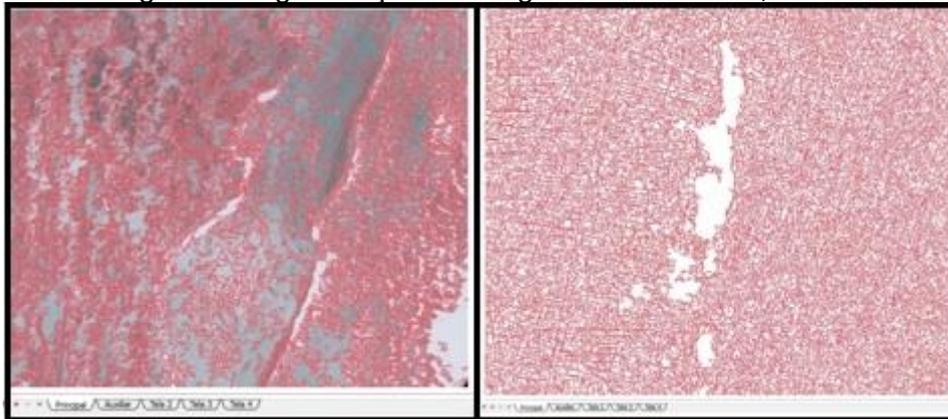
Fonte: Autor, 2017.

3.3.2. Segmentação das bandas

A segmentação é o processo de agrupamento de pixels que possuem características semelhantes, esse processo considera o contexto em que se encontra inserido o pixel na classificação. Levam em conta as características do meio (regiões), e não com base em valores individuais dos pixels. Como as condições texturais das imagens passam a ser considerada na segmentação, a classificação por segmentação se aproxima mais daquela feita, de forma qualitativa por intérpretes humanos, acabando por produzir índices de exatidão mais elevados (BRITES *et al.*, 2012). Para realizar a segmentação das bandas (figura 6) da imagem, foi definido nesse trabalho os dois limiares do processo de segmentação, sendo a similaridade de 10 e a área de 30.

Similaridade é o limiar abaixo das quais duas regiões são consideradas similares e agrupadas em uma única região. O limiar de área é o valor mínimo que é representado em número de pixel, para que uma região seja individualizada (FLORENZANO, 2011).

Figura 6: Segmentação da imagem nas bandas 3, 4 e 5.

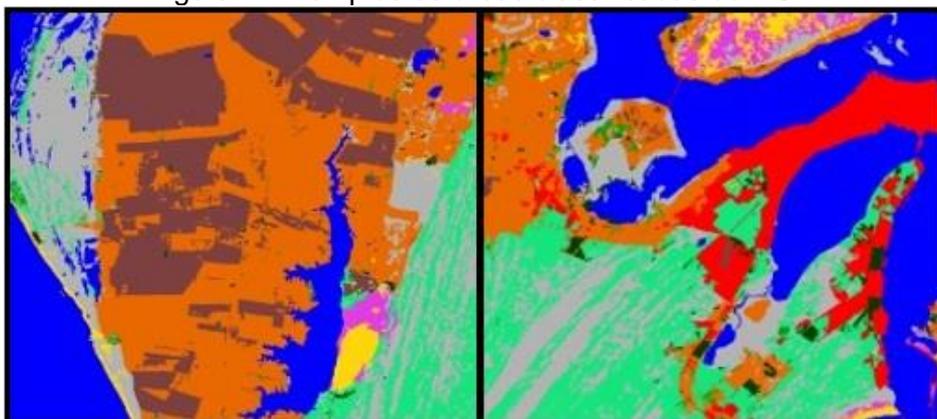


Fonte: autor, 2017.

3.3.3. Classificação da imagem

Após a realização do processo de segmentação da imagem, é possível realizar o procedimento de classificação da imagem. Para a melhor visualização da imagem na operação de classificação, diversas combinações de bandas foram testadas onde a composição RGB nas bandas 3, 4 e 5 mostrou-se a mais aproximada do colorido real da paisagem. Essa composição de bandas possibilita a formação de imagens coloridas, favorecendo assim a perspectiva do olho humano. O resultado é a classificação preliminar da imagem, conforme exemplos de algumas regiões classificadas (Figura 7).

Figura 7: Exemplos de áreas classificadas do RG.



Fonte: autor, 2017.

3.3.4. Refinamento da classificação

A classificação da imagem pode gerar alguns erros devido ao limiar de similaridade e para auxiliar na correção da classificação, podemos fazer o refinamento da classificação da imagem, por meio da ferramenta de edição matricial do SPRING (BRITES *et al.*, 2012). Essa técnica permite agrupar classes e permite também classificar áreas que não foram classificadas em nenhuma classe definida. A ferramenta Edição Matricial oferecida pelo software SPRING permite executar o refinamento da classificação de forma precisa (FLORENZANO, 2011).

3.4 Aplicação dos descritores métricos da paisagem

A imagem classificada no SPRING resultou no mapa dos elementos que compõem a paisagem, reunindo classes naturais e antrópicas. A partir do mapa de classificação foi possível realizar a análise métrica da paisagem na região com o auxílio do software ArcGIS 10.1.

O ArcGIS oferece o plugin Patch Analyst que foi desenvolvido para facilitar a análise espacial e tem como função calcular as manchas das classes determinadas pela classificação, resultando em índices métricos de área, borda e forma. As métricas correspondem aos planos de classe e da paisagem total.

No plano de paisagem são acrescentados os índices de diversidade para avaliar a condição estrutural da paisagem. Na tabela abaixo as métricas utilizadas são descritas com mais detalhes.

Quadro 1: Descrição das métricas aplicadas

Análise	Sigla	Métrica	Unidade	Descrição
Número	NumP	Número de manchas	Adimensional	Número total de manchas
Área	MPS	Tamanho médio das manchas	Hectare (ha)	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas.
	CA	Área da classe	Hectare (ha)	Total da área de todas as manchas da classe
	TLA	Tamanho da paisagem	Hectare (ha)	Soma da área das manchas de todas as classes que compõem a paisagem.
Borda	TE	Total de bordas	Metros (m)	Valor total do perímetro (bordas) das manchas

	ED	Densidade de borda	Metros(m)	Quantidade de extremidades relativa à área da paisagem.
Forma	MSI	Índice médio de forma	Adimensional	Expressa o quanto a mancha é complexa, medindo o perímetro e área.
Diversidade	SDI	Índice de diversidade de Shannon	Adimensional	Calcula a diversidade de classes de mapeadas
	SEI	Índice de uniformidade de Shannon	Adimensional	Calcula a diversidade das áreas das classes mapeadas

Fonte: autor, 2016.

3.5 Descrição das equações dos índices métricos

Número de manchas (NumP) – Total de manchas de uma mesma classe, ou total de manchas da paisagem.

$$NumP = n_i \quad \text{Unidade: Adimensional}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Tamanho médio da mancha (MPS) – Média dos tamanhos (área) das manchas de uma mesma classe, ou de todas as manchas da paisagem. É a razão entre a área total da paisagem (A) e o número de manchas de uma mesma classe, ou da paisagem toda, (N), dividida por 10000 para conversão em hectares.

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad \text{Unidade: Hectare}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Área da Classe (CA) – Soma das áreas de todas as manchas de uma mesma classe. TAC é a soma das áreas (m²) das manchas de uma mesma classe dividida por 10000 para conversão em hectares.

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10,000} \right) \quad \text{Unidade: Hectare}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Tamanho da Área da Paisagem (TLA) - Soma das áreas de todas as manchas da paisagem. Extensão total da paisagem. TAP é a área da paisagem em m² (A) dividida por 10000 para conversão em hectares.

$$TLA = A \left(\frac{1}{10000} \right) \text{ Unidade: Hectares}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Total de bordas (TE) – Soma das bordas (perímetros) de todas as manchas de uma mesma classe, ou de todas as manchas da paisagem.

$$TE = \sum_{k=1}^{m'} e_{ik} \text{ Unidade: Metros}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Densidade de Bordas (ED) – Quantidade de bordas relativa à área da classe ou paisagem.

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m'} e_{ik}}{A} (10,000) \text{ Unidade: Metros/ Hectares}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Índice de forma médio (MSI) – Soma das razões entre os perímetros e a raiz quadrada das áreas de cada mancha de uma mesma classe (quando se analisa por classe) ou de todas as manchas (quando se analisa por paisagem).

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}} \right)}{n_i} \text{ Unidade: Adimensional}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Índice de diversidade de Shannon (SDI) – Define a diversidade da paisagem levando em consideração a quantidade de classes representadas e o padrão de distribuição das manchas.

$$SDI = -\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i) \quad \text{Unidade: Adimensional}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

Índice de Uniformidade de Shannon (SEI) – Relacionado à distribuição e a abundância das manchas na paisagem. Analisa a distribuição das classes na paisagem sem levar em conta a riqueza de classes.

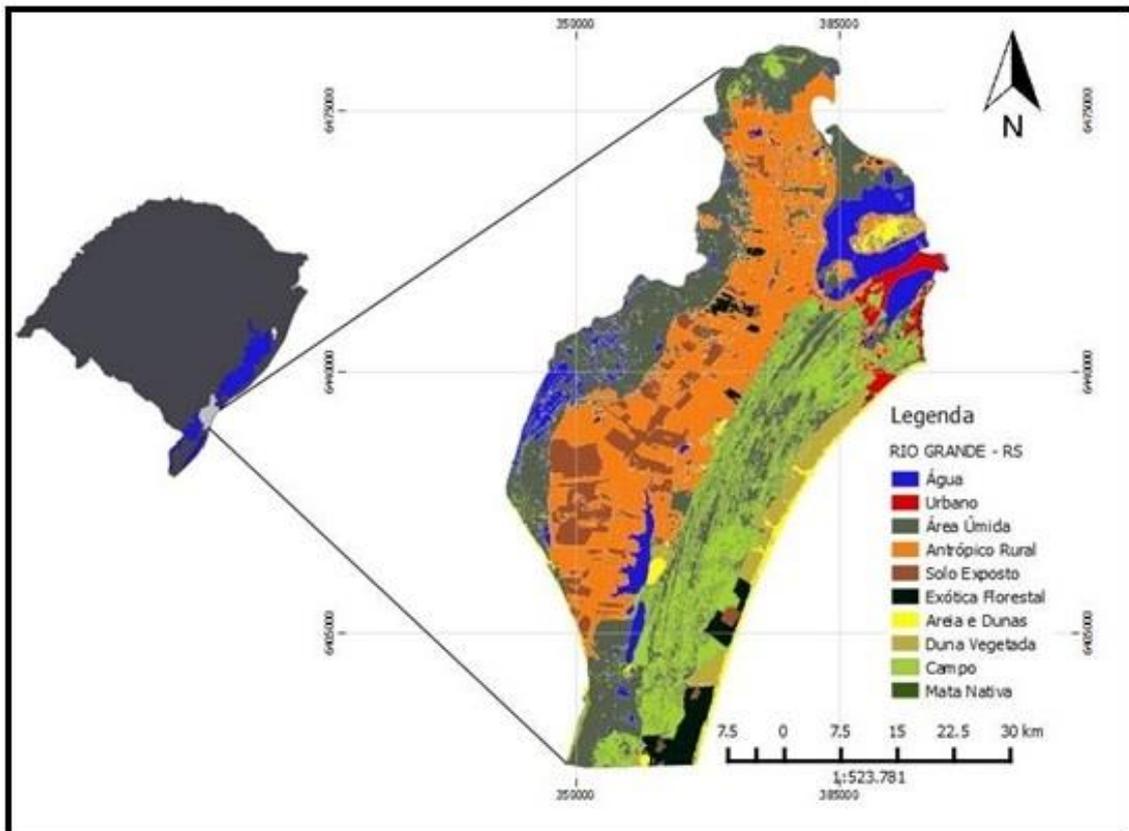
$$SEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m} \quad \text{Unidade: Adimensional}$$

Fonte: McGarigal e Marks, 1995.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho permitiram identificar a estrutura e composição do espaço do município do Rio Grande, nos quais foram reconhecidas 10 classes de paisagem, por meio da classificação de imagens de satélite, as quais foram analisadas por métricas de paisagem (Figura 8).

Figura 8: Mapa de classificação da paisagem do município do Rio Grande, RS.



Fonte: Autor, 2017.

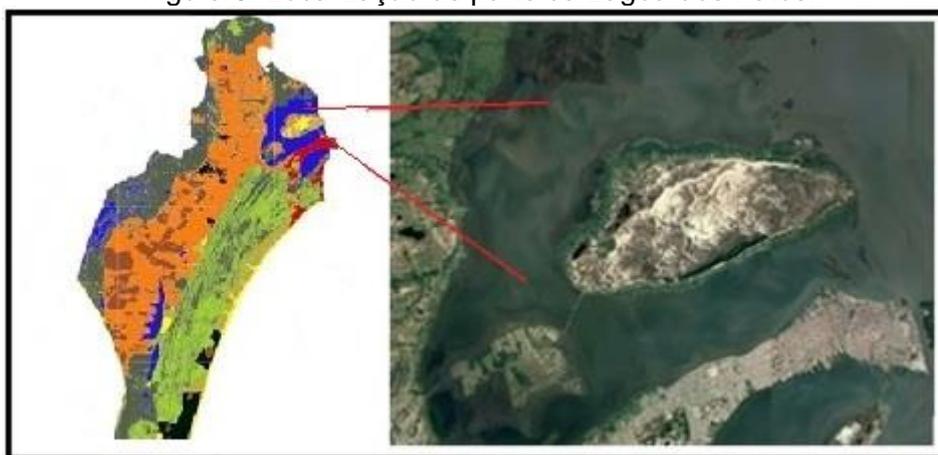
4.1 Composição do espaço

O estudo do espaço do município do Rio Grande permitiu identificar seis classes naturais e quatro classes antrópicas, que foram definidas conforme a ordem de aparecimento no mapa de classificação:

Classes naturais

- **Água:** esta classe incluiu diversos ambientes aquáticos como cursos de água e canais, corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica), além das lagoas costeiras ou lagoas, estuários e baías (IBGE, 2013). Na classificação da paisagem do município do Rio Grande destacam-se a Lagoa dos Patos (Figura 9), o Saco da Mangueira, as lagoas internas como: Jacaré, Verde, Flores, Nicola e Caiubá. As áreas entre as lagoas internas mencionadas, o oceano Atlântico a leste, e a Lagoa Mirim a oeste, constituem a unidade de conservação Estação Ecológica do Taim (ESEC TAIM);

Figura 9: Localização de parte da Lagoa dos Patos.



Fonte: Autor, 2017.

- **Áreas úmidas:** as áreas úmidas são caracterizadas como ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados (JUNK et al., 2013 apud MMA, 2017). Alguns remanescentes de áreas úmidas na

região estão ameaçados pela construção de barragens e parques eólicos além do avanço da silvicultura que coloca em risco habitats de grande importância para aves migratórias (BRASIL, 2013). As áreas úmidas prestam um serviço de regulação de fluxos e estoques naturais de água, que servem para irrigação e abastecimento; sua função na atenuação de flutuações ambientais, garantindo a prevenção de processos erosivos (COSTANZA et al., 1997). Além de funcionarem como fonte de biodiversidade, as áreas úmidas atendem a necessidade de água e alimentação para uma ampla variedade de espécies e para comunidades humanas rurais e urbanas (MMA, 2017). Contudo, essas áreas que se apresentam na forma de banhados, charcos, brejos, pantanais e planícies de inundação são considerados, muitas vezes como áreas inúteis e sem nenhum proveito, mas apresentam, muitas vezes, elevada biodiversidade e exercem funções fundamentais no equilíbrio natural, sendo que sua importância pode se igualar a de florestas e savanas. Entre as principais causas de diminuição de áreas úmidas, podemos destacar as drenagens, aterros, construção de açudes, lagos artificiais, etc. (BACKES, 2012). A função de regulação e fornecimento de água que as áreas úmidas exercem é prejudicada por alterações nas formas de uso da terra e a criação de desvios de cursos d'água, conduzem à degradação e à perda dessas áreas, que por sua vez, sem o manejo adequado resultarão num cenário onde não haverá água de qualidade e nem a quantidade necessária para suprir as necessidades básicas (MMA, 2013). Na paisagem do RG as áreas úmidas compreendem grandes áreas que começam ao sul do limite do município e se estendem até o limite com o município de Pelotas, ao norte;

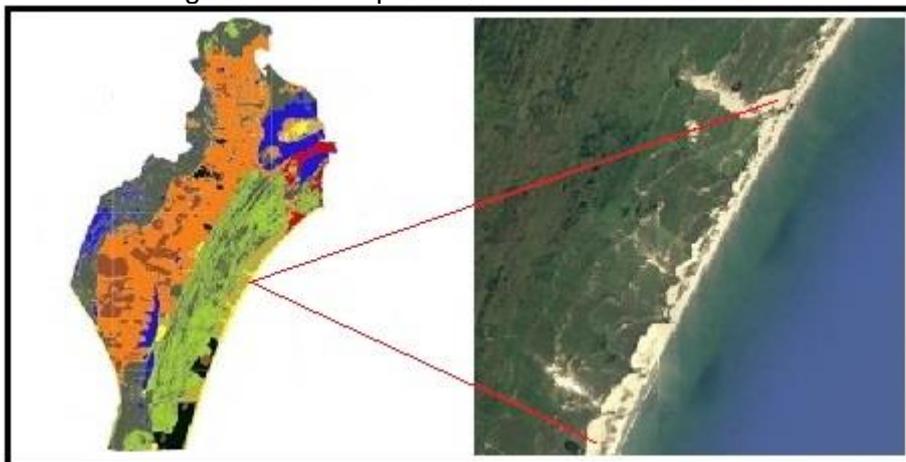
Figura 10: Exemplo de área úmida do RG.



Fonte: Autor, 2017.

- **Areias e dunas:** as dunas costeiras são feições naturais da maioria das praias arenosas do mundo que recebem contínuos aportes de areias, transportadas pelos ventos dominantes. O ambiente de dunas exerce uma barreira contra a penetração de água salgada no nível freático, mediante a pressão de água doce que armazenam (CLARK, 1977). Ao longo da linha de praia a classe areias e dunas está em maior parte representada pelo alinhamento de dunas e a faixa de areia que se estendem pela costa do município.

Figura 11: Exemplo de areias e dunas do RG.



Fonte: Autor, 2017.

- **Dunas vegetadas:** são dunas fixadas por vegetação natural. Essa vegetação é denominada halófila-psamófila e está adaptada às condições salinas e arenosas. As dunas vegetadas oferecem o serviço ambiental de proteção da costa. E assim como a classe areias e dunas, esta classe tem maior cobertura ao longo da linha de praia;

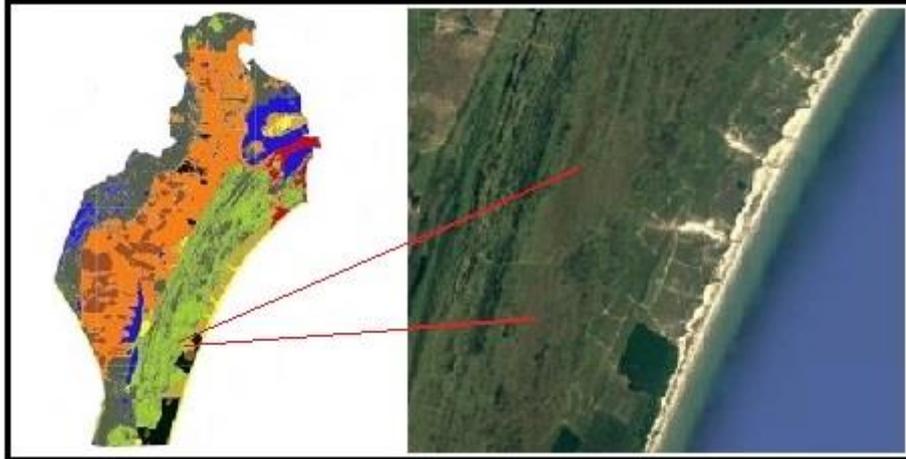
Figura 12: Exemplo de área coberta por dunas vegetadas.



Fonte: Autor, 2017.

- **Campo:** representado pelo bioma Pampa na região desta pesquisa, essa classe de uso e cobertura da terra é constituída por gramíneas que dominam esses ambientes e definem a sua estrutura, formando com outras plantas herbáceas menos abundantes uma cobertura vegetal contínua, frequentemente permeada de arbustos e subarbustos (CHOMENKO e BENCKE, 2016). Os campos constituem o tipo de vegetação natural predominante na paisagem do Pampa. O bioma Pampa localiza-se em todo o território da República Oriental do Uruguai, parte centro-leste da República da Argentina, parte do sudoeste do Paraguai e parte (apenas 2,07%) do Brasil no estado do Rio Grande do Sul, abrangendo uma área com mais de 700 mil km² (VIEIRA e VERDUM, 2017);

Figura 13: Exemplo de área coberta por campo.



Fonte: Autor, 2017.

- **Mata de nativa:** a referida classe está inserida na chamada restinga litorânea do RS, salienta-se que esta classe é referente as formações florestais nativas presentes na paisagem do município do Rio Grande. As matas de restinga podem se distribuir em faixas mais ou menos paralelas, contíguas aos sistemas de lagoas e áreas úmidas e abrigam habitats importantes para a vida silvestre. Em Rio Grande a classe matas nativas encontra-se bastante dispersa em muitas manchas ao longo da paisagem. As matas de restinga compõem as formações pioneiras da zona costeira, que estão associadas aos corpos hídricos e eclosões florestais ao longo da costa e podem se apresentar como manchas de sucessão pela nucleação (novas manchas surgindo), e não necessariamente apresentar manchas pelo processo de fragmentação.

Figura 14: Manchas de matas nativas.

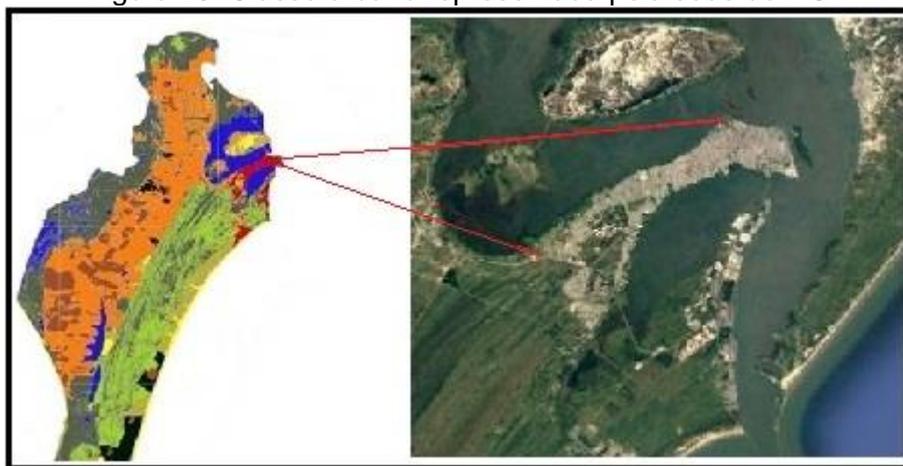


Fonte: Autor, 2017.

Classes antrópicas

- **Urbano:** a classe corresponde a espaços constituídos por cidades. Estes ambientes urbanos são facilmente identificados em imagens de satélites relacionados aos aspectos ligados a urbanização, como a localização do sítio urbano, limite da área urbana, expansão urbana e o processo de conurbação (FLORENZANO, 2011). A área mais urbanizada do Rio Grande está localizada em uma das pontas arenosas no estuário da Lagoa dos Patos onde se situa a sede do município. Outras manchas de urbanização importantes são encontradas na região da segunda seção da Barra e no balneário Cassino, que de acordo com Torres (2015), foi o primeiro balneário planejado do Brasil, criado em 1890;

Figura 15: Classe urbano representada pela sede do RG.

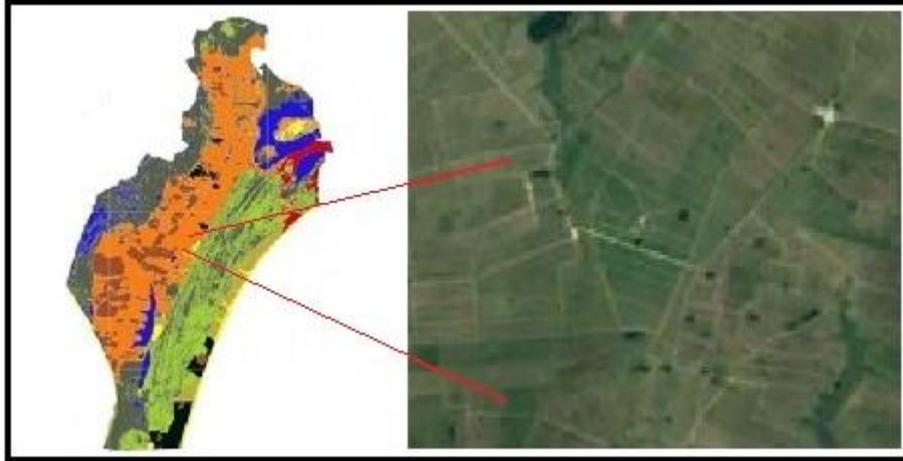


Fonte: Autor, 2017.

- **Antrópico rural:** os ambientes que contemplam esta classe correspondem a áreas de pastagens associadas a criação de gado, cultivos e matas secundárias. São caracterizadas por poucas construções e baixa densidade demográfica (FLORENZANO, 2011). Segundo Merten (2002), a ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias transformam os sistemas naturais resultante das alterações que são promovidas nos processos biológicos, físicos e químicos. A orizicultura, o cultivo de soja e agropecuária são as atividades rurais mais marcantes no território do Rio Grande. São áreas cobertas por agricultura de médio e grande porte, que substituíram áreas anteriormente cobertas com formações pioneiras de campo. O uso e

ocupação da terra associados às atividades agrícolas são os principais agentes de fragmentação e supressão dos ambientes de campo, onde as áreas dos campos nativos são substituídas pela expansão da agricultura.

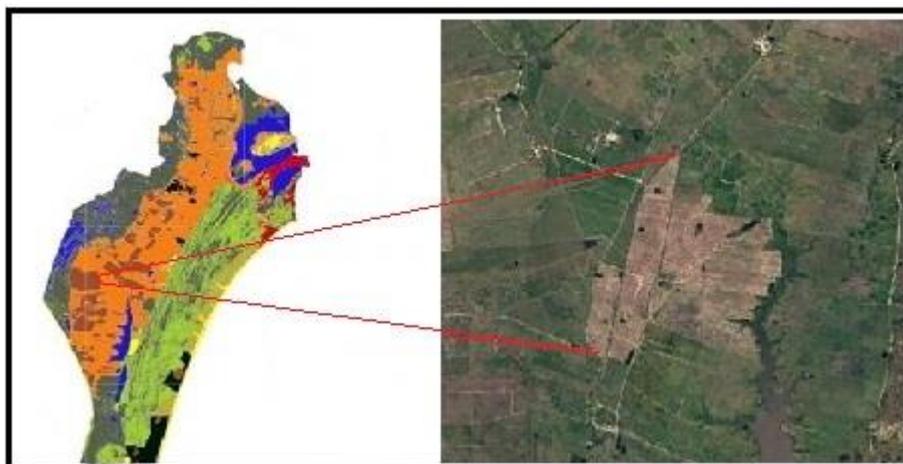
Figura 16: Localização da área rural.



Fonte: Autor, 2017.

- **Solo exposto:** esta classe constitui-se de espaços onde não foi possível identificar nenhuma das demais classes definidas nesta pesquisa, figurando como áreas sem cobertura vegetal. Ambientes de áreas expostas são típicos de áreas sem cobertura vegetal e/ou com presença de areia. Esses ambientes podem decorrer de atividades como urbanização, garimpo, silvicultura e pastagens (MORAIS et al., 2016). No contexto da paisagem do município, a classe solo exposto se dá essencialmente pelas áreas sem cultivo em função das culturas sazonais, como exemplo temos o cultivo do arroz e da soja como culturas de verão. Áreas com solo exposto implicam na perda de qualidade ambiental, como exemplo podemos citar a supressão de habitats e a tendência de erosão das áreas expostas.

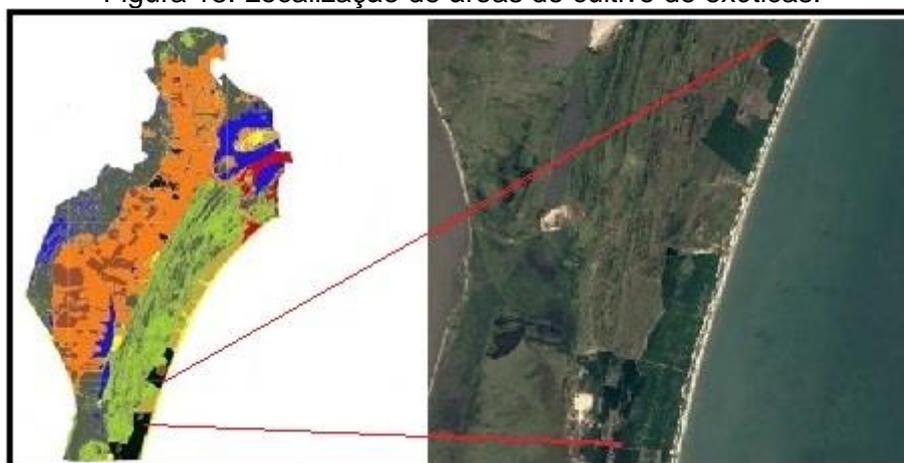
Figura 17: Localização de uma área de solo exposto.



Fonte: Autor, 2017.

- **Exótica florestal:** são espécies arbóreas introduzidas, provenientes de um ambiente diferente, encontrando-se fora de sua área de distribuição natural. O pinus que é a espécie de maior cultivo comercial na região se configura como espécie Exótica Invasora, e segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica (Brasil, 1998), torna-se apta e avança sobre o ambiente natural e o altera, ameaçando os habitats naturais e espécies nativas. Espécies exóticas invasoras possuem vantagens competitivas, dominando os nichos anteriormente ocupados pelas espécies nativas e passam a exercer processos de dominância sobre a biodiversidade local (ZALBA, 2009). A expansão da atividade de silvicultura por meio de incentivos governamentais na forma de programas de fomento ao cultivo de espécies arbóreas exóticas, eleva o nível de ameaça as áreas naturais.

Figura 18: Localização de áreas de cultivo de exóticas.



Fonte: Autor, 2017.

4.2 Análise métrica de paisagem no plano de classes

A análise da paisagem do município do Rio Grande compreendeu dois planos de análise, o plano de classe e o plano de paisagem. As classes estão compreendidas entre naturais e introduzidas, enquanto a paisagem reuni a totalidade de feições e elementos que compõem o espaço.

As classes naturais estão representadas pelas classe Água, Áreas Úmidas, Areia e Dunas, Dunas Vegetadas, Campo e classe Matas Nativas. Com relação as classes introduzidas estas estão representadas pelas classes Urbano, Antrópico Rural, Solo Exposto e Exótica Florestal.

Os resultados das métricas, referente análise do plano de classe encontram-se na tabela abaixo (Tabela 2):

Tabela 2: Métricas da paisagem no plano de classes.

Classes	Número		Área			Borda		Forma
	NumP	CA (ha)	MPS (ha)	PSSD (ha)	TE (m)	ED (m/ha)	MSI	
Água	534	23800,93	44,57	360,50	2078486,71	7,43	2,53	
Urbano	67	5027,76	75,04	361,88	425148,48	1,52	2,72	
Área Úmida	2690	80094,61	29,77	432,30	10489649,11	37,52	2,33	
Antrópico Rural	454	71797,05	158,14	3059,39	4603146,10	16,46	2,29	
Solo Exposto	274	21759,93	79,41	478,75	1470864,43	5,26	2,38	
Exótica Florestal	471	10034,74	21,30	222,68	955986,10	3,42	2,24	
Areia e Dunas	238	5880,07	24,70	172,94	995280,50	3,56	2,32	
Dunas Vegetadas	175	10448,29	59,70	423,01	906816,96	3,24	2,31	
Campo	982	47364,54	48,23	1236,90	6787650,41	24,28	2,27	
Matas Nativas	734	3298,62	4,49	7,77	1276527,44	4,56	2,38	

Fonte: Autor, 2017

As classes naturais ocupam 64% da área total da paisagem do Rio Grande e totalizam 5.353 manchas, onde a classe áreas úmidas distribuída entre banhados, marismas, campos úmidos e encharcados, destacam-se por representar 28,66% da área da paisagem do município, se estendendo dos cordões litorâneos ao vale do canal São Gonçalo.

Com relação ao número de manchas, a classe área úmida possui o maior índice de número de manchas (NumP) na paisagem do município do Rio Grande, com o registro de 2690 manchas. O índice de tamanho médio das manchas (MPS) a classe áreas úmidas apresenta a média de 29,77 hectares, número que ficou abaixo do MPS da paisagem total do RG, que registrou 42,22 hectares de MPS. O valor de MPS mais baixo das áreas úmidas deve-se a característica longitudinal da formação dos cordões litorâneos, contribuindo para o tamanho menor das manchas, embora o desvio padrão do tamanho

médio das manchas de 432,30 hectares aponte a existência de muitos fragmentos de tamanho acima da média total da paisagem.

Ao tratar sobre manchas das classes naturais, Macgarigal e Marks (1994) ressaltam que quanto menor for o MPS, mais fragmentada é a paisagem. De acordo com Bender et al. (1998), em situações nas quais a fragmentação cria um grande número de fragmentos, a partir de um sistema contínuo, as espécies que ocupam o interior do fragmento deverão sofrer um declínio em suas populações, pois estarão atuando em conjunto os efeitos do tamanho do fragmento e da perda de hábitat.

As manchas de campo são as mais regulares da paisagem e ficam na segunda posição em número de manchas de caráter natural com 982 manchas, onde ocupa uma área de 16,95% do município do Rio Grande. Os resultados relativos as métricas de MPS e PSSD são importantes, pois apresentaram valores altos, respectivamente, 48,23 hectares e 1236,90 hectares. Sendo assim, as manchas da classe campo são consideradas grandes, resultando em maior tendência para sua proteção, aliado a existência de muitos fragmentos com tamanhos acima da média. Entretanto, os ambientes de campo estão ameaçados pela expansão agrícola, principalmente pelo aumento crescente no cultivo da soja na região.

Na formação da paisagem dos campos sulinos percebe-se a mistura de gramíneas estivais, características de clima tropical e com crescimento vegetativo no verão, como o *Andropogon lateralis* (capim-caninha), e hibernais, de clima frio e com crescimento vegetativo no inverno, como as *Stipa* spp (flechilhas). A zona de transição climática, onde estão localizados os campos, responsável por essa formação também abriga muitas espécies endêmicas, e resulta na alta diversidade de gramíneas do Pampa. Somente nos campos do Rio Grande do Sul são mais de 400 espécies nativas. Os campos, à primeira vista homogêneos, são diversos em sua composição, onde figuram numerosas famílias, gêneros e espécies vegetais em associação (CHOMENKO e BENCKE, 2016).

O campo em seus diversos níveis de organização, é responsável pelo provimento de inúmeros serviços ecossistêmicos que contribuem para o sustento e o bem-estar humano, como a purificação das águas, o controle de pragas agrícolas, a estocagem de carbono (que contribui para a regulação do

clima do planeta), o controle da erosão e a reposição da fertilidade do solo, além de ser uma importante fonte de recursos genéticos, principalmente de plantas forrageiras e ornamentais (BENCKE et al., 2016).

A classe matas nativas representada na paisagem do município pela vegetação de Restinga e remanescentes florestais de mata atlântica, apresenta 734 manchas (NumP) e é a terceira classe natural mais abundante, porém possui o menor domínio de área da paisagem com apenas 1,18%. Além disso, mesmo que presentes em grande número, o tamanho médio de suas manchas é bastante pequeno (4,49 hectares), sendo assim as manchas de restinga do Rio Grande possuem pouca oferta de proteção ao núcleo. O seu desvio padrão do tamanho das manchas (PSSD) não revelou um alto grau de variabilidade do tamanho médio de suas manchas (7,77).

É notório que a mata de restinga constitui habitat naturalmente raro no litoral do Rio Grande do Sul, sendo por isso importante enquanto refúgios para as espécies da biota ameaçadas e raras. A mata nativa no Rio Grande se encontra em processo de sucessão dos ambientes de campo e apresenta manchas de nucleação dispersas na paisagem. Consiste na formação de "ilhas" ou núcleos de vegetação com espécies florestais nativas.

A classe dos recursos hídricos apresenta consideráveis valores de NumP (534), mas com baixa representatividade de área total paisagem (8,52%). No entanto, a classe apresenta valores elevados de MPS (44,57 hectares) e PSSD (360,50) representando ambientes de lagoas, arroios bem preservados e parte da Lagoa dos Patos que se encontra dentro da área do município do Rio Grande.

A classe areia e dunas apresenta valor de NumP (238), com baixo valor em área total da paisagem (2,10%). O valores de tamanho médio de manchas (MPS) são de 24,70 hectares e de desvio padrão no tamanho das manchas (PSSD) são 172,94 hectares, revelando que seus ambientes, que apesar de apresentarem bom número de manchas, encontram-se com pouca proteção de área núcleo devido ao tamanho das manchas ser inferior ao tamanho médio da manchas da paisagem total do Rio Grande (42,22 hectares). As maiores manchas ocorrem com na linha de costa do oceano Atlântico, embora ocorram manchas menores no interior da Ilha dos Marinheiros.

No Rio Grande do Sul as dunas são consideradas áreas de preservação permanente (APP), sendo assim, para a realização de quaisquer atividades são necessárias autorizações do IBAMA, da FEPAM e dos órgãos ambientais municipais, entretanto alguns ambientes sofrem com a retirada de dunas ou pela combinação da ocupação desordenada associada a fatores naturais. Além de outros impactos ambientais negativos em ambiente de dunas, como por exemplo: a mineração ilegal de areias destinadas a aterros, invasões e plantios de espécies exóticas, pastoreio, pisoteio excessivo, tráfego de veículos, parcelamento do solo, assentamentos irregulares, deposição de resíduos urbanos, abertura de ruas de acesso à praia, turismo desordenado, manejos incorretos e implantação de projetos paisagísticos inadequados (NEMA et al., 2011).

As consequências destes impactos implicam em fragmentação e retalhamento das manchas de areia e dunas, tendo como consequência a supressão de habitats e a perda da biodiversidade local.

A classe dunas vegetadas está relacionada com a classe anteriormente mencionada, no entanto, possui como característica a presença de cobertura vegetal e são encontradas ao longo de toda a linha de costa do oceano Atlântico, onde a ameaça potencial à integridade desses ambientes está representada pelas áreas de silvicultura que já ocuparam regiões anteriormente de dunas.

Os valores de NumP (175) e área total da paisagem (3,74%) são baixos, porém a classe apresenta valores elevados no tamanho médio das manchas (MPS) e no desvio padrão no tamanho das manchas (PSSD), respectivamente 59,70 hectares e 423,01 hectares, revelam ambientes ainda bem preservados, apesar de apresentarem poucas manchas.

No geral, as classes naturais apresentam maior número de manchas na paisagem e com tendência a elevado MPS. Esse índice de tamanho médio das manchas, para classes naturais, está relacionado com a presença de habitats viáveis para manutenção dos processos naturais, em que grandes manchas aumentam a probabilidade de abrigar mais habitats, logo, mais espécies.

As atividades antrópicas, representadas por quatro classes nesse trabalho (urbano, rural, solo exposto, exótica florestal), pressionam ambientes e

contribuem para o retalhamento e fragmentação das áreas naturais da paisagem do Rio Grande.

Nesta pesquisa o cultivo de arbóreas exóticas foi tratado de forma separada por apresentar características diferentes na forma de uso e cobertura da terra em relação à classe rural, que no caso de Rio Grande é representada em sua maioria por cultivos de arroz e soja.

A silvicultura, responsável pelo cultivo de espécies arbóreas exóticas, ocupa uma área total de 10.034,74 hectares da paisagem, distribuídos em 471 manchas, com relação as classes antrópicas ocupa a primeira posição com maior valor no número de manchas, e quinta posição no total da paisagem. Apesar do grande número de manchas, esta classe representa apenas 3,59% da paisagem do RG. As maiores manchas da classe estão localizadas na região costeira ao sul do município, entre os cordões litorâneos e a linha de praia.

O MPS de 21,30 hectares indica que o tamanho médio das manchas é pequeno, entretanto o elevado desvio padrão do tamanho médio das manchas (PSSD) aponta elevada variabilidade no tamanho das manchas dessa classe (222,68 hectares), revelando a existência de muitos fragmentos com tamanhos acima da média.

Com relação as classes de origem antrópica associadas à atividade agrícola (classe solo exposto e área rural) somadas ocupam 33,48% da paisagem e representam classes de mesma matriz que ocupam maior área da paisagem total do município do Rio Grande. Estão localizadas em maior número de manchas na região entre área úmidas a oeste e os cordões litorâneos ao leste do Rio Grande. A classe rural apresenta 454 manchas, seguida da classe solo exposto com 274 manchas, onde ambas as classes obtiveram elevado tamanho médio de manchas (MPS), que são respectivamente 158,14 hectares e 79,41 hectares.

O elevado valor do desvio padrão do tamanho das manchas (PSSD) da classe rural (3059,39 hectares) aponta a existência de muitos fragmentos de tamanho acima da média, natureza antrópica. Nesse sentido, as manchas grandes dessa classe, de origem antrópica, pressionam negativamente o entorno imediato formado por classes naturais. A atividade rural promove a perda de qualidade da paisagem do entorno imediato, pois reflete em manchas

maiores, logo, maior quantidade de bordas que em contato com manchas naturais acarreta na perda da qualidade desses fragmentos ocasionada pelos efeitos de borda. A utilização de volumosa quantidade de agrotóxicos utilizados nas lavouras pode ser utilizada como exemplo dos impactos.

A classe de solo exposto, caracteriza-se na paisagem pela alteração de habitats nativos em decorrência de atividades antrópicas (MORAIS et al., 2016). A identificação de solo exposto e de áreas com baixa produção de biomassa podem ser indicadores da presença de áreas degradadas (CASTRO et al., 2017).

A classe urbano apresenta 67 manchas, é a classe antrópica com menor número de manchas na paisagem e representa apenas 1,8% da área total do RG, porém os altos valores do tamanho médio das manchas (75,04 hectares) e do desvio padrão do tamanho das manchas (361,88 hectares) demonstram grande variabilidade no tamanho dos fragmentos urbanos, com destaque para a grande mancha ocupada pela cidade do Rio Grande.

O elevado tamanho médio das manchas (MPS) das classes antrópico rural, solo exposto e urbano intensifica a perda de qualidade da paisagem do município, pois reflete em manchas maiores, e conseqüentemente, maior quantidade de bordas que em contato com manchas naturais acarreta na perda da qualidade dessas manchas ocasionada pelos efeitos de borda.

A borda é a região da mancha sob maior influência da matriz, onde sofre impacto das atividades antrópicas, resultando no efeito de borda, processo esse que desencadeia a fragmentação. O efeito de borda é descrito pelas diferenças de fatores bióticos e abióticos que existem ao longo da borda de uma mancha em relação ao seu interior, pode ter diversas implicações no equilíbrio do ambiente, alterando as relações ecológicas entre fauna, flora e meio abiótico (PIROVANI, 2010).

Valores altos de densidade de bordas (ED) para classes naturais da paisagem são aspectos benéficos que demonstram a riqueza estrutural e diversidade de habitats do ecossistema, porém o mesmo não é válido para as classes antropizadas, onde o elevadas medidas de bordas implicam na fragmentação ou retalhamento do ambiente.

Na paisagem do Rio Grande a análise de borda revela o predomínio das classes áreas úmidas e de campo que apresentam os maiores valores de ED

(37,52 m/ha e 24,28 m/ha) em razão de ambas apresentarem elevados valor de número e manchas NumP, o que aumenta o valor do total de bordas (TE), logo, o valor da ED. As áreas úmidas e os campos são representados na paisagem do Rio Grande por manchas de ambientes preservados que formam os cordões litorâneos e o vale do canal São Gonçalo. O elevado valor no total de bordas de ambas as classes se deve ao desenho espacial que associa campos e áreas úmidas, no sistema de cordões.

Nas classes naturais, valores altos de densidade de borda são diretamente relacionados com maior diversidade de habitats. Resultado que aponta para ambientes naturais ainda bem conservados encontrados com o auxílio do mapa de classificação do município.

O maior valor de ED encontrado nas classes antrópicas pertence à classe Rural (16,46 m/ha), somando ao fato de ter cerca de 25% de área de cobertura do município e um elevado valor na métrica TE (4603146,10), esta classe se caracteriza como principal fragmentador da paisagem.

Entre todas as classes (naturais e antrópicas) a classe urbano apresentou o menor índice de densidade de borda (1,52 m/ha), em razão da classe possuir característica compactada, consequência do baixo número de manchas que ocupam a área do município. Já os menores valores de ED das classes naturais correspondem são apresentados pelas classes areias e dunas e dunas vegetadas, caracterizando ambientes de baixa riqueza estrutural, o que torna válido um direcionamento nas ações de planejamento e manejo desses ambientes, principalmente com relação a cobertura vegetal tão importante para a permanência das dunas.

A média do índice de forma (MSI) fundamenta-se na relação entre o perímetro e a área das manchas, onde o formato da mancha determina a composição das espécies em seu interior, pois formas próximas a um círculo tem uma relação maior de espécies de interior do que aquelas que tendem ao retângulo e outras formas irregulares, que podem chegar ao extremo de possuírem somente espécies de borda (Forman e Godron, 1986; Odum, 1988).

Uma mancha em forma circular que apresenta a média do índice de forma (MSI) igual a um, tem mais importância para alguns processos ecológicos, enquanto que formas complexas vão apresentar valores diferentes, superiores a um. A forma de um elemento é preponderante nos processos,

visto que fragmentos naturais com índice de forma próximo de um, representam estruturas com maior eficiência na proteção da área central e seus habitats.

Na paisagem do município do Rio Grande, as classes naturais e antrópicas apresentam valores de MSI muito próximos entre si. A classe Campo (2,27) apresenta o melhor índice de forma da paisagem, revelando manchas mais protegidas, enquanto as outras classes naturais apresentaram um índice um pouco mais elevado, indicando formas mais irregulares, o que acarreta na tendência de possuírem menor proteção de núcleo e maior efeito de borda.

A irregularidade na forma das manchas é um indicador de propensão a apresentar efeito de borda mais intensamente, principalmente as manchas de menor área, em função da sua maior interação com a matriz. O aumento do efeito de borda resulta na diminuição da área de núcleo das manchas e conseqüentemente reflete na perda de qualidade da estrutura desses ecossistemas (VALENTE, 2001).

4.3 Análise métrica da paisagem no plano de paisagem

No plano de paisagem são compreendidos os descritores métricos para a paisagem total do município do Rio Grande (Tabela 2).

Tabela 3: Métricas do plano de paisagem

Paisagem	Número		Área			Borda		Forma	Diversidade	
	NumP	MPS (ha)	PSSD (ha)	TLA (ha)	TE (m)	ED (m/ha)	MSI	SDI	SEI	
All	6619	42,22	988,35	279506,60	29989556,28	107,29	2,34	1,86	0,80	

Fonte: Autor, 2017.

O município do Rio Grande é formado por diversos ecossistemas, onde a análise métrica da paisagem resultou numa imagem composta por 6619 manchas (NumP). O número de manchas de uma determinada classe, natural ou antrópica, influencia em processos ecológicos, e é destacadamente importante para fazermos uma leitura a respeito da distribuição espacial e dispersão de espécies e populações, além de apontar a estabilidade das interações entre as espécies e indivíduos, e influenciar na distribuição e no acesso aos recursos e no fluxo de matéria e energia (PINHEIRO, 2016).

Uma paisagem com a presença de alto número de manchas tende a possuir uma maior resistência à propagação de perturbações, sendo naturais ou causadas por atividades antrópicas, visto que em paisagens com menor número de manchas a integridade dos ecossistemas é geralmente mais baixa. A qualidade espacial e ambiental da paisagem, contudo, pode não ser positiva, visto que um alto número de manchas é consequência de processos de fragmentação ou supressão das áreas naturais (PINHERO, 2016).

É importante destacar que os tamanhos das manchas influenciam na estabilidade dos processos ecológicos conforme a área e a forma de cada mancha natural, esta pode conter mais habitats e espécies, já as manchas menores sofrem com a tendência a serem suprimidas de forma mais rápida.

A área total do espaço somou 279.506,60 hectares, distribuída em 10 classes (Figura 6), seis classes de origem natural (áreas úmidas, areia e dunas, duna vegetada, campo remanescente, matas nativas e água) e quatro manchas de origem antrópica (áreas rurais e urbanas, solo exposto e exóticas florestais).

O índice do tamanho médio das manchas (MPS) da paisagem do Rio Grande é de 42,22 hectares, onde o desvio padrão do tamanho médio das manchas (PSSD) indica elevada variabilidade no tamanho das manchas na paisagem (988,35 hectares), revelando a existência de muitos fragmentos com tamanho muito acima ou muito abaixo da média, resultado das significativas variações de MPS de todas as classes analisadas. Como pode ser observado nos maiores índices de MPS representados pela classe antrópico rural, 158,14 hectares, seguido da classe solo exposto que atingiu um MPS de 79,42 hectares, e os menores valores foram da classes mata nativa com 4,49 hectares e exótica florestal com 21,30 hectares.

Cabe ressaltar que o índice do tamanho médio das manchas (MPS) da paisagem do Rio Grande não indica o estado ambiental das áreas naturais, pois nessa análise estão incluídas as manchas de origem antrópica que representam cerca de 36% do uso e cobertura da terra do município, totalizando 108.619,48 hectares distribuídas em 1.266 manchas, e são apresentadas em menor número de manchas na paisagem, porém com elevado índice de MPS.

A paisagem do Rio Grande apresentou o número total de manchas de 6.619, sendo 5.353 manchas de classes naturais, por sua vez esse resultado é proporcional ao valor do total de bordas (TE), isto significa que quanto maior for o número de manchas, maior será a heterogeneidade, a fragmentação e o retalhamento da paisagem, sem determinar, entretanto, o estado de conservação ambiental. O índice de forma da paisagem, que busca reconhecer a regularidade das formas foi de 2,3. Este valor possui relação com o formato alongado da Restinga e com as manchas com formatos lineares, onde as formas mais irregulares foram apresentadas pelas classes urbano e corpos hídricos, que tendem a servir como corredores, filtros ou barreiras ao fluxo, quando dividem o espaço.

As manchas da paisagem do município apresentaram uma tendência à formas menos complexas, ou seja, se assemelham a forma circular, onde conforme Lima (2010), o índice de forma indica o quanto a mancha está vulnerável a influência externa, ou seja, está relacionado à intensidade do efeito de borda. Para Almeida (2008) explica que as manchas de habitats mais próximas ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está equidistante das bordas. Assim sendo, a área central encontra-se “protegida” dos fatores externos. Áreas mais recortadas têm maior proporção de bordas que as menos recortadas, então, manchas com áreas maiores e menos recortadas são preferíveis, porque apresentam menor proporção de borda /área.

O índice total de bordas da paisagem (TE) foi 29.989.556,28 m e o índice do tamanho médio das manchas (MPE) foi 42,22 hectares. Quanto menos fragmentada uma paisagem, maior é o valor do tamanho médio das manchas (MPE). A fragmentação e o retalhamento da paisagem são fenômenos recorrentes em diversas regiões e são processos aos quais uma área contínua é dividida em duas ou mais manchas, tornando-se reduzida com relação a sua área. Este acontecimento é comumente ocasionado por atividades e estruturas antrópicas, embora possa ter origem por causas naturais, como a heterogeneidade de solos, que pode vir a inviabilizar a ocorrência de determinados tipos de vegetação.

Os índices de diversidade são importantes para quantificar a composição de uma paisagem. Foram obtidos dois índices de diversidade no

plano da paisagem, sendo o índice de diversidade de Shannon (SDI) e índice de uniformidade de Shannon (SEI).

O SDI quantifica a composição da paisagem por meio da sua diversidade espacial. O índice é influenciado pela ocorrência e a distribuição de classes, com base na respectiva proporção de área. Em síntese, é uma representação da riqueza e da igualdade na distribuição das áreas ocupadas pelos diferentes elementos que compõem a paisagem (PÉRICO e CEMIN, 2006).

Segundo Mcagarigal e Marks (1994), este índice igualará a zero quando houver apenas uma classe na paisagem e aumentará com o número de tipos de classes ou distribuição proporcional de aumentos de tipos de classes. A pequena diminuição do índice de diversidade, com o passar do tempo, pode ser explicada por uma mudança no arranjo e distribuição das classes na paisagem, visto que a riqueza manteve-se a mesma.

O SEI busca expressar a similaridade das proporções de área de cada classe da paisagem em que o valor zero (0) seria o mínimo de uniformidade que a paisagem pode apresentar e um (1) o valor máximo do índice.

Quanto a proporção e distribuição dos elementos por classe de paisagem e dominância espacial, os índices apresentaram 1,86 para Diversidade de Shannon (SDI) e 0,80 para Uniformidade de Shannon (SEI), ou seja, uma paisagem heterogênea, com diversidade temática e próxima da uniformidade, que é quebrada pela tendência à dominância, imposta pelas classes de origem rural (classe Rural e classe Solo Exposto).

A análise das métricas revelaram que apesar das manchas antrópicas cobrirem uma parte significativa da paisagem do município do Rio Grande, a configuração espacial da paisagem ainda apresenta manchas naturais bem conservadas.

Então, estratégias mais atualizadas de planejamento ambiental e gestão costeira, voltadas para à conservação da biodiversidade, principalmente no desenvolvimento do Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro, visando o ajuste dos usos realizados no município de RG, devem partir de considerações espaciais, sobretudo da paisagem e suas características métricas para contribuir no processo de ordenamento territorial na busca de uma ocupação sustentável.

O ZEEC objetiva auxiliar a compatibilização das atividades socioeconômicas com as características específicas do local e para tanto umas das etapas do zoneamento é a caracterização e diagnóstico do meio. Nesse sentido, os resultados apresentados neste estudo de ecologia de paisagem são relevantes no sentido de possibilitar a visão da paisagem em sua totalidade e no enfoque de uma paisagem antrópica, que considera as relações do espaço no qual o aspecto humano está inserido, uma vez que este é o principal responsável na alteração do meio natural.

Sendo assim, estudos em ecologia de paisagem podem contribuir para a resolução de problemas sócio ambientais relacionados ao uso e ocupação da terra.

A análise métrica da paisagem do município do Rio Grande revelou a presença de alguns ambientes importantes, nesse sentido cabe salientar que as áreas úmidas correspondem à classe natural mais abundante e compreendem fisionomias variadas, onde estas áreas abrigam enorme diversidade biológica característica do ambiente costeiro. Por fim, por serem as áreas naturais mais abundantes no município do Rio Grande, as áreas úmidas merecem do poder público uma atenção especial.

Os ambientes de dunas oferecem serviço ambiental de costa fundamental. É necessário que poder público reconheça efetivamente o papel dessa fisionomia da paisagem no contexto municipal e exercer a manutenção e conservação adequada desses ambientes.

As ações de planejamento territorial do município precisam reconhecer que ainda existe um espaço natural expressivo, que está numa região costeira e precisa estar preparado para eventuais mudanças climáticas e estar de acordo com o zoneamento ecológico econômico.

5 CONCLUSÕES

- A análise da estrutura métrica da paisagem do município do Rio Grande permitiu quantificar e identificar a cobertura e ocupação do solo, sendo possível apontar quais atividades econômicas pressionam os remanescentes naturais e a biodiversidade associada a esses ambiente.

- Os resultados da quantificação de cada uma das classes que compõem a paisagem do Rio Grande por meio das métricas podem servir de subsídios para orientar ajustes ou fomentar tomadas de decisão no processo de gestão e organização do território.
- As classes Áreas Úmidas Campo e Dunas Vegetadas são bastante representativas na paisagem do RG e possuem bom estado de conservação, apesar dos usos e ocupação no entorno e interior de suas manchas.
- O contexto de usos pela atividade rural indica atenção para os ambientes de campo que correm o risco de serem suprimidos.
- Os descritores métricos de paisagem merecem ser considerados no desenvolvimento do planejamento territorial e ambiental do Rio Grande, tendo em vista o seu potencial de dimensionar a heterogeneidade espacial.
- Conclui-se que análise métrica espacial mostrou-se um importante instrumento de planejamento ambiental do território, tendo em vista a contínua expansão antrópica pela ocupação e uso da terra.

REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico 2013**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>>. Acesso em: 15 de setembro de 2016.

ASMUS, M.; KITZMANN, D.; LAYDNER, C.; TAGLIANI, C. R. A. - **Gestão Costeira no Brasil: Instrumentos, Fragilidades e Potencialidades. Gestão Costeira Integrada** (ISSN: 1677-4841) 5:52-57, Itajaí, SC, Brasil., 2004.

BACKES, A. **Áreas protegidas no estado do Rio Grande do Sul: o esforço para a conservação.** Pesquisas Botânica, v. 63, p. 225-355, 2012.

BALDONI, R. N.; CIOCHETI, G.; BORGES, B. D.; BERNARDO, R.; RIBEIRO, M. C.; WESLEY, J.; BLANCO, C. e SANTOS, J. S. **Introdução ao Quantum GIS Brasil.** UFSCar, 2012.

BRITES, R. S.; BIAS, E. S.; ROSA, A. N. C. **Classificação por regiões. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UNB, p. 209-220, 2012.

CALLIARI, L. R.; PEREIRA, P.S.; DE OLIVEIRA, A.O & FIGUEIREDO, S.A. **Variabilidade das dunas frontais no Litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul, Brasil.** GRAVEL Nº3. p.15-30. Porto Alegre, 2005.

COLLINGE, Sharon K; FORMAN, Richard T T. **A Conceptual Model of Land Conversion Processes: Predictions and Evidence from a Microlandscape Experiment with Grassland Insects.** Oikos, v. 82, n. 1, p. 66, maio 1998

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CASTRO, L. F.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B. **Análise orientada a objetos aplicada a imagem de alta resolução para identificação de solo exposto em ambiente montanhoso de Mata Atlântica.** In: Embrapa Solos- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18, 2017, Santos. Anais. São José dos Campos: Inpe, 2017. p. 1518-1525.

CORDAZZO, C.V. e SEELIGER, U. **Guia Ilustrado da Vegetação Costeira do Extremo Sul do Brasil.** Editora da FURG. Rio Grande, 1995.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial.** Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos – SP, 2001.

DIAS, et al. **As Zonas Costeiras no contexto dos Recursos Marinhos. Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,** Lisboa, Portugal, v. 9, n. 1, p. 3-5, 2009.

DIEGUES, A. C. S. **Ecologia Humana e Planejamento Costeiro.** São Paulo, NUPAUB – USP, 2001.

FEPAM. **Diretrizes ambientais para o desenvolvimento do Litoral Norte**. In: FEPAM (org.). Cadernos de planejamento e gestão do litoral ambiental, Porto Alegre, v. 1, 2000. 96p.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Oficina de Texto, São Paulo, 2011.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p

FREITAS, M.W.D.; PORTO, F.S.; MARTHA, E.G.M.; BICCA, C.E. **Mapeamento de unidades de paisagem do município de Rio Grande-RS**. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. João Pessoa-PB, Brasil. INPE 2015 p.3648-3655

G. C. SANTOS & A. C. S. ANDRADE, **Evolução da paisagem costeira da Coroa do Meio e Atalaia, Aracaju-SE**, Scientia Plena 9, 2013.

GANEM, R.S. **Conservação da biodiversidade: legislação e políticas públicas**. Câmara dos Deputados, Edição Câmara, v. 2, n. 1, p. 437, 2010.

HADDAD, Nick. M. et al. **Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems**. *Science Advances*, v. 1, n. 2, p. e1500052–e1500052, 20 mar. 2015.

IBGE. **Censo demográfico de 2010**. IBGE, Rio de Janeiro, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geociências. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm#4>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

KOMAR, P.D. **Beaches Processes Sedimentation**. Englewoods Cliff, New Jersey: Prentice Hall, 1976, 429 p.

LIMA, Lucas Terres de. **A paisagem costeira do Rio Grande do Sul: leitura e interpretação das propriedades fisionômicas do espaço como estratégia de planejamento e gestão do território**. 2014. 163f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento Costeiro) - Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós Graduação em Gerenciamento Costeiro, Rio Grande.

McGARICAL, K., e MARKS, B. **FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. U.S. Forest Service General Technical Report PNW 351. Colorado, 1995.

MARTINS, S.F; PIMENTA, M.A. **A constituição espacial de uma cidade portuária através dos ciclos produtivos industriais o caso do município do Rio Grande (1874-1970)**, Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v.6, n.1, p. 85- 100, 2004.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v. 3, n. 4, 2002.

MORAIS, M. S.; GONTIJO, B. M.; PIUZANA, D. **Análise temporal do uso e ocupação do terreno do Parque Estadual do Biribiri e de sua Zona de Amortecimento, município de Diamantina, Minas Gerais.** Temporal analysis from the land use and occupation of the Biribiri State Park and its Buffer Zone. Caderno de Geografia, v. 26, n. 46, p. 362-381, 2016.

OLIVEIRA, Márcia Regina Lima De; NICOLODI, João Luiz. **A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla. Uma análise sob a ótica do poder público.** Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 12, n. 1, p. 91-100, 2017.

PÉRICO, Eduardo; CEMIN, Gisele. **Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs).** Scientia Forestalis, n.70, p. 9 21, 2006

PINHEIRO, R M. **Paisagens ameaçadas da restinga da Lagoa dos Patos, RS na perspectiva dos investimentos em petróleo e gás.** Rio Grande, RS, 2016. 95 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2016.

PIROVANI, D. B. **Fragmentação Florestal, Dinâmica e Ecologia da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, ES.** 2010. 106 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

POLETTE, M.; REBOUÇAS, G.N.; FILARD, A.C.L. & VIEIRA, P.F. **Rumo à gestão integrada e participativa de zonas costeiras no Brasil: percepções da comunidade científica e do terceiro setor.** Revista de Gestão Costeira Integrada. Santa Catarina, 2006.

PRADO, R. B. et al. **Marco inicial do monitoramento do uso e cobertura da terra do COMPERJ.** Embrapa Solos-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2010.

REMPEL, C. et al. **A Ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa - Vale do Taquari - RS - Brasil - um modelo de proposta metodológica.** GeoFocus , v. 9, p. 102-125, 2008. ISSN 15785157

STROHAECKER Tânia M. et al. **Caracterização do uso e ocupação do solo nos municípios do litoral norte do estado do Rio Grande do Sul.** In: Desenvolvimento e Meio Ambiente. n.13. Editora UFPR. 2006. p.75-98.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **Spring 5.1.2: passo a passo: Aplicações Práticas**. Alegre: CAUFES, 2010.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: Teoria e prática**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 174 p.

STROHAECKER, Tânia Marques. Dinâmica Populacional. In: ZAMBONI, Ademilson; NICOLODI João Luiz (Eds.). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008, p. 59-92.

TORRES, Luiz Henrique. **História do município do rio grande: fundamentos**. Rio Grande: Pluscom Editora, 2015. 100 p.

VALENTE, Roberta de Oliveira Avena. **Análise da Estrutura da Paisagem na Bacia do Rio Corumbataí, SP**. 2001. 161 f. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

VIEIRA, L. F. S.; VERDUM, R. **A paisagem como leitura da beleza cênica, organização e o uso do espaço rural do Pampa**. Dinâmicas do espaço agrário: velhos e novos territórios: NEAG 10 anos. p. 101-126, 2017.

WEISS, C.V.C; LIMA, T.L; TERCEIRO, A.M; GAUER,N.P. **Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, 2013, INPE.

ZAMBONI, Ademilson; NICOLODI, João Luiz. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil**. 1 ed. DF, Brasil: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, 2008. 242 p.

ZALBA, S.M. **Feral horses dung piles as potential invasion windows for alien plant species in natural grasslands**. Plant Ecology. Springer Netherlands, 2009.