ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO LITORAL MÉDIO DO RIO GRANDE DO SUL A PARTIR DA SUA CONFIGURAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA COM O USO DE GEOTECNOLOGIAS

ENVIRONMENTAL FRAGILITY ANALYSIS OF MEDIUM COAST OF RIO GRANDE DO SUL AS FROM THEIR GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CONFIGURATION WITH THE USE OF GEOTECHNOLOGIES

ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL DEL LITORAL MEDIO DEL RÍO GRANDE DO SUL A PARTIR DE SU CONFIGURACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA CON EL USO DE GEOTECNOLOGÍAS

Paulo Roberto Fitz
Professor da UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados
paulofitz@ufgd.edu.br

Resumo: Este estudo enfocou dois componentes de relevante importância para a confecção do futuro ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico a ser confeccionado pela SEMA – Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul: a geologia e a geomorfologia da região do Litoral Médio do Estado do Rio Grande do Sul. Neste sentido, foram investigadas suas configurações na área para a realização de um diagnóstico de restrições e potencialidades de uso de seus recursos naturais. O trabalho baseou-se no conceito de fragilidade ambiental proposto por Jurandyr Ross (1994), isto é, na concepção de que a natureza possui uma funcionalidade própria devido aos seus componentes físicos e bióticos. A metodologia proposta pelo autor foi adaptada de acordo com os materiais disponíveis: cartas topográficas, mapas de geologia e de geomorfologia e imagens de satélite. Os mapas foram vetorizados e, posteriormente, foram convertidos para o formato matricial em ambiente SIG para a geração de mapas de fragilidade ambiental em termos de geologia e de geomorfologia. Os produtos obtidos mostraram que muitas áreas apresentam certo grau de fragilidade ambiental, em termos de limitação de uso, conforme a geologia e a geomorfologia existente.

Palavras-chave: geoprocessamento, SIG; diagnóstico ambiental; vulnerabilidade ambiental; ZEE.

Abstract: This research focused on two relevant components for elaboration of a future

ZEE – Economic Ecological Zoning to be carried out by SEMA – Rio Grande do Sul Environment Secretariat: the geology and geomorphology of the region from Middle Coast of the State of Rio Grande southern. In this sense, its configurations were investigated in the area to make a diagnosis of restrictions and potentialities of its natural resources uses. The work was based on the concept of environmental fragility proposed by Jurandyr Ross (1994), in other words, in the conception that nature has its own functionality due to its physical and biotic components. The methodology proposed by the author was adapted according to the available materials: topographic maps, satellite images, geological and geomorphological maps. The maps were vectorized and later converted to the raster format in a GIS to generate maps of environmental fragility in terms of geology and geomorphology. The obtained products showed that many areas present some degree of environmental fragility, in terms of use limitation, according to the existing geology and geomorphology.

Key-words: geoprocessing, GIS; environmental diagnosis; environmental vulnerability; ZEE.

Resumen: Este estudio enfocó dos componentes de relevante importancia para la confección del futuro ZEE – Zonificación Ecológica Económica a ser confeccionado por la SEMA – Secretaría del Medio Ambiente de Rio Grande do Sul: la geología y la geomorfología de la región del Litoral Medio del Estado de Rio Grande del Sur. En este sentido, se investigaron sus configuraciones en el área para la realización de un diagnóstico de restricciones y potencialidades de uso de sus recursos naturales. El trabajo se basó en el concepto de fragilidad ambiental propuesto por Jurandyr Ross (1994), es decir, en la concepción de que la naturaleza posee una funcionalidad propia debido a sus componentes físicos y bióticos. La metodología propuesta por el autor fue adaptada de acuerdo con los materiales disponibles: cartas topográficas, mapas de geología y de geomorfología e imágenes de satélite. Los mapas fueron vectorizados y se convirtieron al formato matricial en ambiente SIG para la generación de mapas de fragilidad ambiental en términos de geología y de geomorfología. Los productos mostraron que muchas áreas presentan cierto grado de fragilidad ambiental, en términos de limitación de uso, de acuerdo con la geología y la geomorfología existente.

Palabras clave: geoprocesamiento, SIG; diagnóstico ambiental; vulnerabilidad ambiental; ZEE.

INTRODUÇÃO

A ideia de que a Terra se comporta como um sistema ativo vem sendo explorada por diversos autores, entre eles James Lovelock (1992) autor da "Hipótese de Gaia". Este atributo confiaria ao planeta um sistema de retroalimentação que vincularia ações a reações do mesmo.

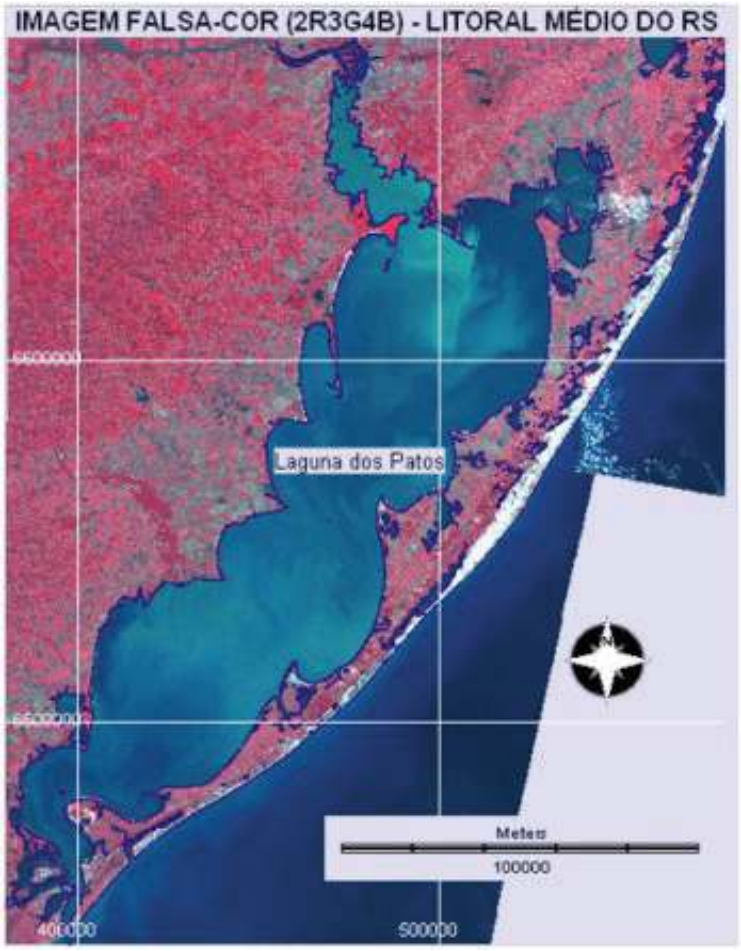
Jean Tricart (1977) conceitua ecodinâmica como o estudo da dinâmica dos ecótopos, ou seja, o meio ambiente não se estrutura em um cenário estático. A atividade antrópica associada a processos naturais pode conduzir a diferentes decorrências mais ou menos impactantes. Assim sendo, torna-se significativa a busca por soluções ambientalmente

sustentáveis que procurem integrar o crescente uso dos recursos naturais pelo ser humano. Um dos caminhos experimentados para auxiliar nesta questão diz respeito à confecção de zoneamentos que trabalhem a dinâmica do planeta e seus desdobramentos. Os chamados ZEEs – Zoneamentos Ecológicos Econômicos – são exemplos dessa tentativa de conectar aspectos físicos com econômicos.

O presente estudo buscou focar dois componentes de relevante importância para a confecção do futuro ZEE a ser confeccionado pela SEMA – Secretaria do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul: a geologia e a geomorfologia da região do Litoral Médio do Estado do Rio Grande do Sul. A área analisada abrange os municípios de Barra do Ribeiro, Capivari do Sul, Mostardas, Palmares do Sul, São José do Norte, Tapes, Tavares e Viamão.

A maior parte da região estudada experimentou processos de transgressões e regressões desde o período Pleistoceno, há cerca de 1,8 milhões de anos. Tal premissa estabeleceu um sistema deposicional de leques aluviais e de lagunas-barreiras. Esse sistema pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Composição colorida "falsa-cor" do Litoral Médio do Rio Grande do Sul



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

A figura 1 apresenta um mosaico de imagens do satélite Landsat TM5 de 2011 onde foi realizada uma composição colorida (falsa-cor) da área. A imagem gerada foi sobreposta por uma camada de arquivos vetoriais – destacados em azul – realçando as lagoas existentes ao longo da restinga entre a Laguna dos Patos e o oceano. A simples observação da figura permite comprovar a delineação do litoral gaúcho como:

> uma linha de costa retilinizada, com orientação SW-NE à frente de sucessões de cordões litorâneos regionalmente denominados de barreiras (Villwock *et al.,*1986), sendo em muitos pontos recobertos por extensos campos de dunas os quais progridam sobre banhados e um conjunto de lagoas e lagunas costeiras. Tais características permitem classificá-la em termos de unidades macro e meso morfológica em cordão litorâneo largo associado a uma planície de cristas de praia. (CALLIARI, TOLDO JR., NICOLODI, 2006, p. 430)

Dessa maneira, ainda de acordo com os autores, em relação à dinâmica costeira, exceto a região de Torres,

> as praias ao longo da costa do RS são totalmente expostas. Predominantemente são constituídas de areia fina quartzosa (Martins, 1967), apresentando baixa declividade (2º) com poucos e inexpressivos cúspides praiais. (CALLIARI, TOLDO JR., NICOLODI, 2006, p. 439)

A paisagem característica da costa gaúcha pode ser visualizada pela figura 2, que proporciona uma visão parcial panorâmica do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (PNLP) localizado nos municípios de Mostardas, Tavares e São José do Norte, e pela figura 3, a qual apresenta dunas costeiras com coberturas de espécies herbáceas (SEELIGER; COSTA, 2010, p. 139).

Dessa forma pode-se verificar que a região trabalhada possui características diversas, o que faz necessária a identificação de restrições e potencialidades de uso de seus recursos. Sendo assim, optou-se por trabalhar com o conceito de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994). Essa metodologia é baseada na ideia de que a natureza possui uma funcionalidade própria de suas componentes físicas e bióticas, o que resgata o conceito de ecodinâmica de Jean Tricart (1977). Desta forma, o ambiente

> é analisado sob o prisma da Teoria de Sistemas que parte do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nas diversas componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até permanentes. (ROSS, 1994, p. 65)

Figura 2 – Parque Nacional da Lagoa do Peixe (vista parcial)



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Figura 3 – Dunas costeiras em Mostardas, RS



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Figura 4 – Planície Fluvial nas proximidades de Barra do Ribeiro, RS



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Pode-se deduzir que Ross (1994) buscou sistematizar uma hierarquia de fragilidades que procuram mostrar a fragilidade do ambiente em relação ao escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais. Por consequência, procurou-se aproximar a ideia desenvolvida pelo autor para a área estudada com algumas adaptações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Num primeiro momento, procedeu-se ao processo de digitalização dos mapas confeccionados em papel vegetal, fornecidos pela SEMA. Para evitar danos no material, os mapas foram digitalizados em *scanner* no formato A3. Os arquivos foram, então georreferenciados no software Idrisi, utilizando-se o sistema de referência SIRGAS 2000, de acordo com a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul, na escala 1:50.000, disponibilizada pelo Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (HASENACK; WEBER, 2010). Após isso, os mapas foram vetorizados no software Carta Linx.

A avaliação embasou-se nos mapas de geologia e de geomorfologia e, para auxiliar na análise, foram utilizadas imagens do satélite Landsat TM-5 do ano de 2011 (abril e maio) com o intuito de averiguar possíveis conflitos com a base de dados. Imagens disponibilizadas pelo *Google Earth* também foram utilizadas.

Dentre as etapas trabalhadas, procedeu-se a saídas a campo para checagem dos dados levantados. Para a geração do diagnóstico temático, foram utilizadas modelagens de

sobreposição e análise booleana. Todos os mapas gerados possuem representações externas às superfícies dos municípios abrangidos pela área do projeto.

Elaborados os mapas, procedeu-se ao cruzamento dos planos de informação. Para tal, adaptou-se a proposta de Ross (1994), dada a ausência de alguns dos parâmetros considerados pelo autor. Neste sentido, consideraram-se diretamente os dados dos mapas geológico e geomorfológico. Foram apreciadas as seguintes categorias hierárquicas para a análise: muito fraca; fraca; média; forte e muito forte com a valoração correspondente, de 1 (muito fraca) a 5 (muito forte). A tabela 1 apresenta as categorias e seus valores correspondentes.

Tais categorias foram desmembradas e hierarquizadas mapa a mapa, de acordo com as características de cada plano de informação. A partir da metodologia descrita acima, ponderou-se no sentido de caracterizar as feições conforme sua gênese, continuidade espacial, dimensão, formas de relevo e manifestações morfodinâmicas relativas. Deste modo, os mapas foram reclassificados com o uso do módulo *reclass* do software Idrisi. Após, os mesmos foram cruzados para uma reclassificação final que contemplou o mapa de fragilidade ambiental.

Tabela 1 – Categorias hierárquicas de fragilidade ambiental

Categoria	Valor
Muito fraca	1
Fraca	2
Média	3
Forte	4
Muito forte	5

Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado, os mapas foram digitalizados no formato A3 e georreferenciados de acordo com a base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul, na escala 1:50.000, no sistema SAD-69. Os mapas foram, então, convertidos para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000.Tais procedimentos foram realizados com o *software* Idrisi Taiga com a utilização de mais de vinte pontos de controle para a execução do referenciamento cruzado das feições dos mapas utilizados. O georreferenciamento dos mapas na escala 1:100.000 foi realizado com um erro residual máximo de posicionamento de 1,5 m para *pixels* com resolução de 10 x 10 metros nas respectivas componentes X e Y. Este erro torna-se bastante satisfatório, uma vez que a literatura sugere um erro inferior à metade da resolução da imagem de entrada. (EASTMAN, 2009)

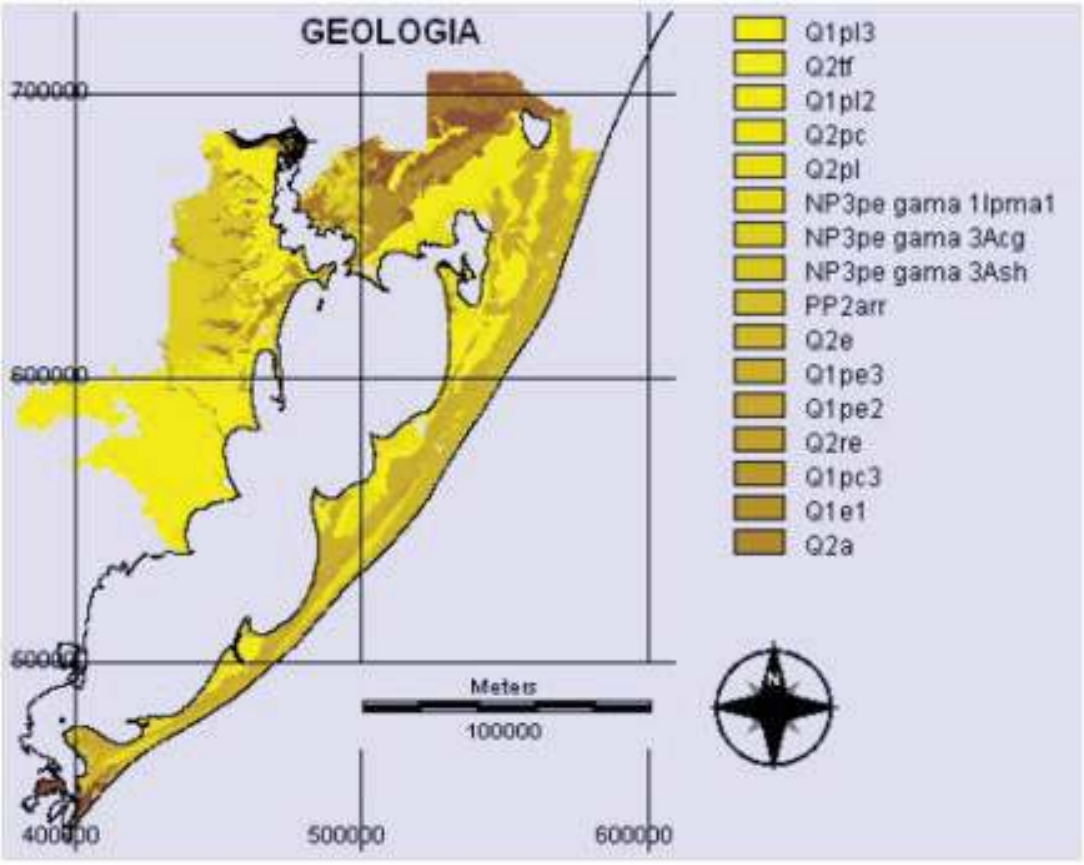
Os mapas foram vetorizados no *software* Carta Linx para posterior exportação em formato compatível com o *software* Arc Gis na escala 1:100.000. Alguns ajustes se fizeram necessários em função das diferentes bases de dados.

Todos os mapas gerados foram convertidos para o formato matricial para a realização dos cruzamentos necessários para a produção do diagnóstico. Como parâmetros fixos, utilizou-se uma resolução de 10.000 x 13.050 *pixels*, enquadrados numa grade com coordenadas variando entre 380.000 mE e 580.000 mE e 6.439.000 mN e 6.700.000 mN, onde cada pixel equivale a vinte metros. Os mapas de geologia e de geomorfologia gerados são apresentados pelas figuras 4 e 5 a seguir.

As litologias e as feições geomorfológicas foram analisadas sob a óptica de suas fragilidades/vulnerabilidades ambientais, especialmente no quesito suscetibilidade à erosão. Com relação à geologia da região, levou-se em consideração a formação geológica correspondente para adaptar a proposta de Ross (1994) quanto ao uso de mapa de solos.

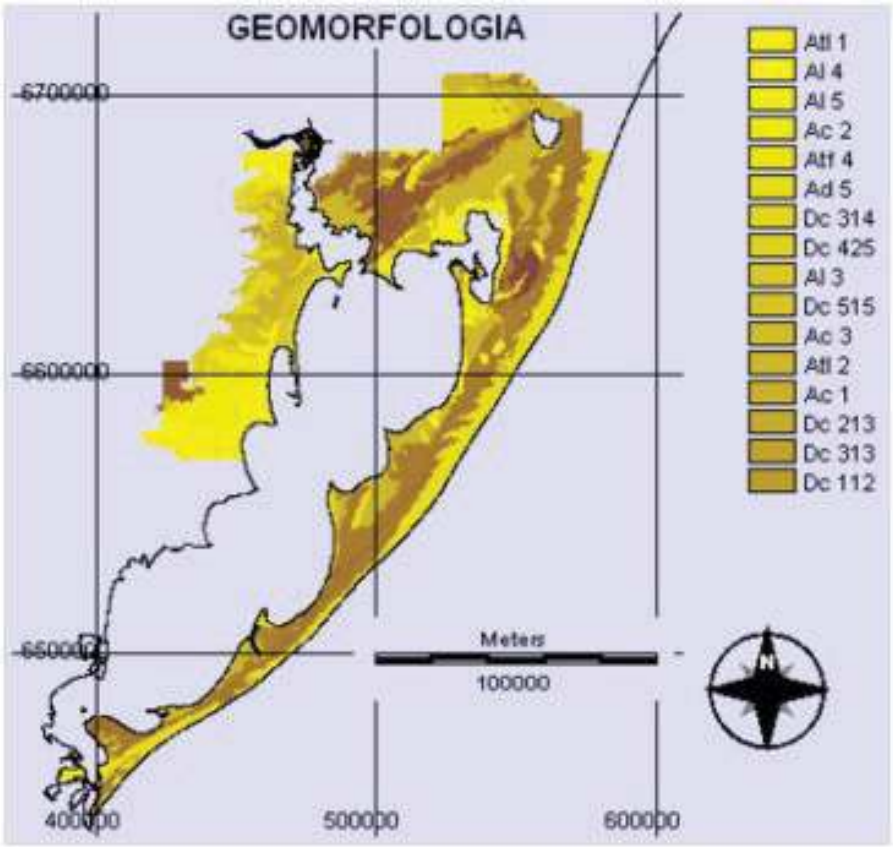
De igual sorte, foram considerados os apontamentos do ZEE realizado para o Estado de Roraima (MME, 2002) que considerou os graus de vulnerabilidade dos litotipos e sedimentos das estruturas em função da capacidade de suporte quanto à erosão. Assim, os litotipos e sedimentos menos estruturados tendem a ser mais suscetíveis às atividades erosivas.

Figura 4 – Mapa Geológico do Litoral Médio



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Figura 5 – Mapa Geomorfológico do Litoral Médio



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Conforme o mapa apresentado e vetorizado (figura 5), foram construídas as seguintes categorias de fragilidade/vulnerabilidade ambiental levando-se em consideração à suscetibilidade à erosão do relevo, conforme o substrato existente na região: J3K1bt, K1βg, NP3e γ 1Ipma1, Np3pe γ 3Acg, NP3pe γ 3Ash, NQca, P1rb, PP2arr, Q1ca, Q1e1, Q1pc3, Q1pe2, Q1pe3, Q1pl1, Q1pl2, Q1pl3, Q2a, Q2d, Q2e, Q2p, Q2pc, Q2pl, Q2re, e Q2tf. A tabela 2 apresenta as categorias hierárquicas de fragilidade/vulnerabilidade ambiental em termos de geologia com as respectivas valorações concedidas às litologias.

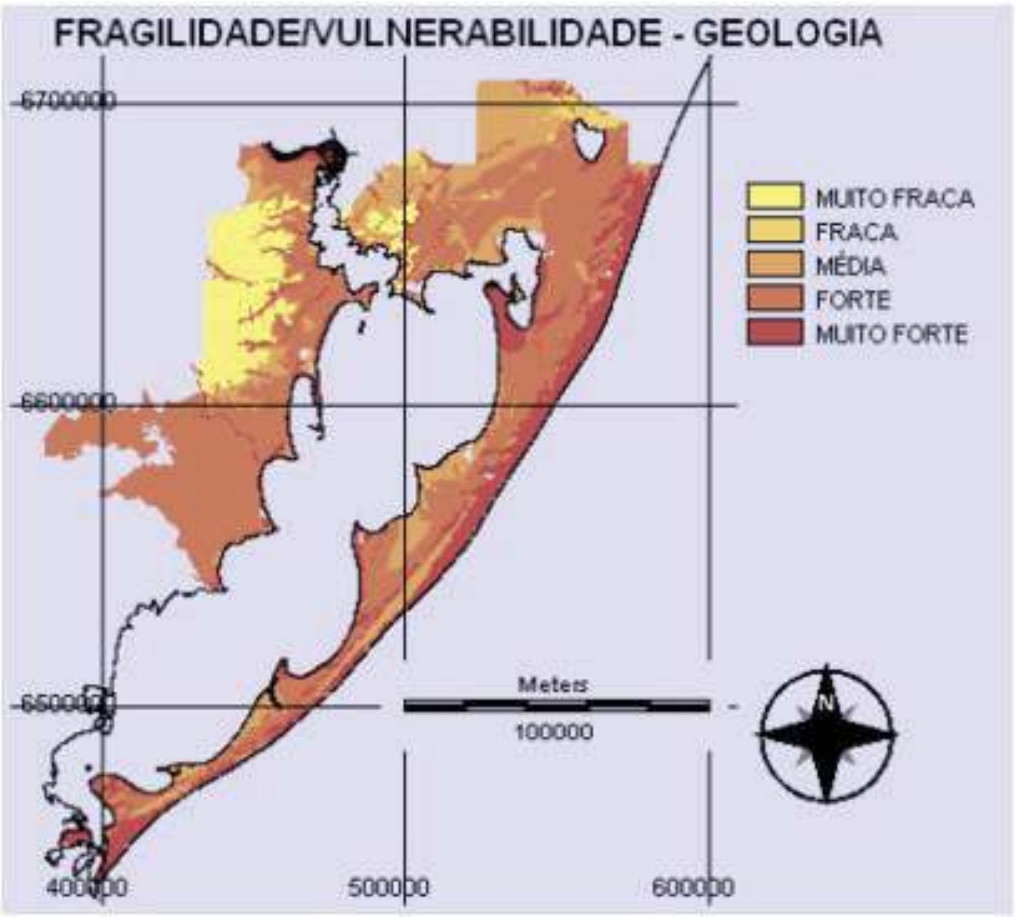
Tabela 2 – Categorias hierárquicas de fragilidade/vulnerabilidade ambiental – Geologia

Categoria	Unidade/Litologia	Valor
Muito baixa	Np3pe γ 3Acg, NP3pe γ 3Ash	1
Baixa	K1βg, P1rb	2
Média	J3K1bt, NP3e γ 1Ipma1, NQca, PP2arr, Q1ca, Q1pl1	3
Alta	Q1e1, Q1pc3, Q1pe2, Q1pe3, Q1pl2, Q1pl3, Q2tf	4
Muito alta	Q2a, Q2d, Q2e, Q2p, Q2pc, Q2pl, Q2re	5

Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

Conforme pode ser observado na tabela 2, há tendência de maior fragilidade em áreas de sistemas lagunas-barreiras vinculadas aos litótipos existentes nos ambientes sedimentares do período quaternário (mais recente). Já os litótipos ligados às formações graníticas possuem fragilidades, em geral, baixas estando estes mais subjugados às declividades do que à sua origem geológica. O mapa contemplando as fragilidades/vulnerabilidades com relação à geologia é apresentado pela figura 6.

Figura 6 – Categorias de Fragilidade Ambiental – Geologia



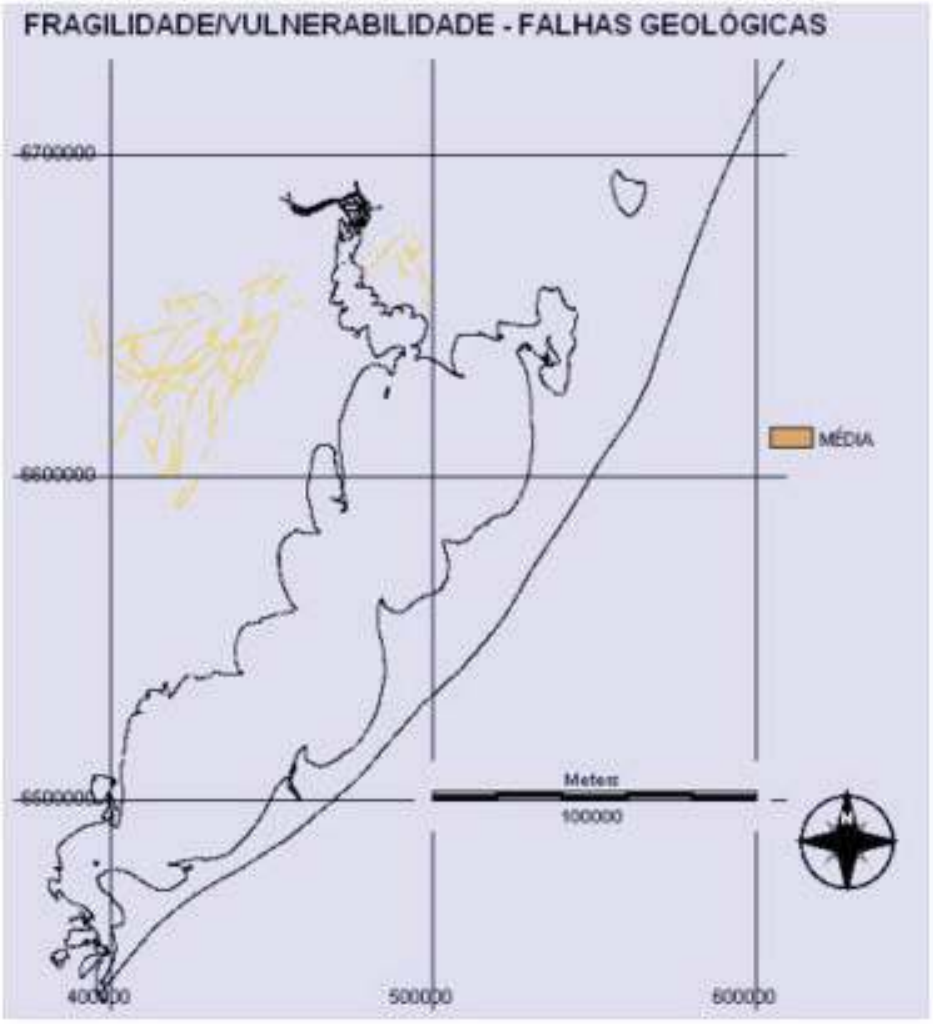
Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

É importante salientar, ainda com relação à geologia, que foi gerado um plano de informações contendo somente o sistema de falhamentos/fraturas existentes na região. Referindo-se ao Sistema Aquífero Guarani (SAG), Machado; Faccini (2004) colocam que

> Estando o SAG compartimentado estruturalmente e com um arcabouço hidroestratigráfico complexo, é fundamental que os estudos relacionados com o fluxo hidrodinâmico, a hidráulica de poços e qualidade química de suas águas leve em consideração essa condição, para que o planejamento, gestão e proteção sejam realizados com qualidade técnica compatível com a importância desse sistema aquífero. (MACHADO; FACCINI, 2004, p. 12)

A fim de contornar possíveis contaminações no substrato da região estudada em função do sistema de fraturas/falhas, foi gerado, a partir do *software* Idrisi, um *buffer* de 500m de distância das falhas mapeadas. A figura 7 (mapa de falhas) apresenta esta situação. Para este *buffer*, foi estimado um grau de fragilidade médio, com valor 3.

Figura 7 – Categorias de Fragilidade – Falhas Geológicas



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014)

Como fora referido anteriormente, o litoral do Estado do Rio Grande do Sul caracteriza-se pela sua costa sinuosa, quase retilínea, com orientação SW-NE com cordões litorâneos muitas vezes cobertos por campos de dunas que podem encerrar banhados e lagoas costeiras. Assim, a fragilidade/vulnerabilidade ambiental vinculada à geomorfologia levou em consideração a configuração do litoral gaúcho, o qual apresenta poucas alterações ao longo de sua costa. Há uma predominância de areias finas quartzosas. As praias apresentam, no geral, pequenas declividades, cerca de dois graus, com poucas desembocaduras fluviais e lagunares. Outra característica está associada à intensa atividade eólica que atua diretamente na dinâmica da costa sul-rio-grandense.

Com relação à linha de costa, foi utilizada como base a classificação da linha de costa proposta por Muehe (apud: CALLIARI; TOLDO JR.; NICOLODI, 2006). Esta baseia-se em unidades macro e meso morfológicas seguidas da unidade morfodinâmica para o litoral. Conforme a proposta, tem-se como unidade Macro Morfológica, a Planície de cristas de praia, como unidade Meso-morfológica, o Cordão litorâneo sob efeito de transposição de ondas, e como Unidade Morfodinâmica, a Praia Intermediária, a Praia Dissipativa, as Dunas Frontais, os Arenitos de Praia e a Desembocadura Fluvial. Para esta feição, foi atribuído um valor constante e igual a 5, ou seja, fragilidade/vulnerabilidade muito forte.

As demais porções da área de estudo, especialmente às vinculadas aos municípios de Tapes, Barra do Ribeiro e Viamão apresentam certas características bastante diversas das áreas costeiras. Estas acabaram por determinar uma diferenciação na avaliação das categorias de fragilidade/vulnerabilidade.

Considerando o apresentado, partiu-se para o retrabalhamento do mapa de geomorfologia, com a constituição de categorias de fragilidade/vulnerabilidade ambiental. Analisando os tipos de modelado existentes na região, a saber, Ac 1, Ac 2, Ac 3, Ad 5, Ae 5, Af 5, Al 3, Al 4, Al 5, Atf 4, Atl 1, Atl 2, Atl 4, Atm 2, Atm 3, Dc 112, Dc 213, Dc 313, Dc 314, Dc 324, Dc 325, Dc 413, Dc 414, Dc 415, Dc 425 e Dc 515, foram atribuídos valores para as categorias de fragilidade/vulnerabilidade ambiental levando-se em consideração a suscetibilidade à erosão do relevo, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.

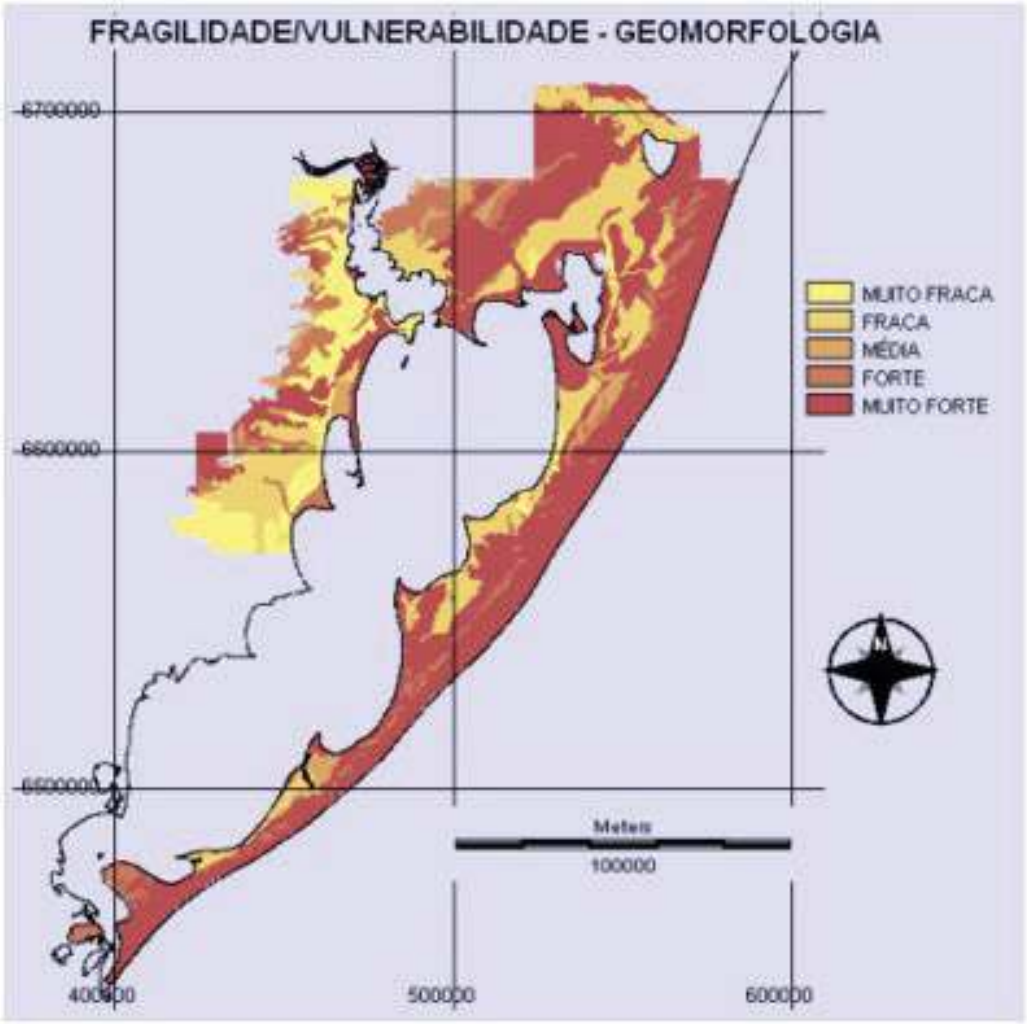
Tabela 3 – Categorias hierárquicas de fragilidade/vulnerabilidade ambiental – Geomorfologia

Categoria	Modelado	Valor
Muito baixa	Ac 1, Atl 1	1
Baixa	Ac 2, Atl 2, Atm 2, Dc 112	2
Média	Ac 3, Al 3, Atm 3, Dc 213, Dc 313, Dc 413	3
Alta	Al 4, Atf 4, Atl 4, Dc 314, Dc 324, Dc 414	4
Muito alta	Ae 5, Af 5, Dc 325, Dc 415, Dc 425, Dc 515	5

Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

O mapa de fragilidade ambiental vinculado à geomorfologia, apresentado pela figura 8, aponta as áreas com categorias ligadas à Unidade Morfodinâmica do litoral. Entretanto, percebe-se que, tanto a macro como a meso unidades, referem-se a áreas bastante sensíveis do ponto de vista ambiental.

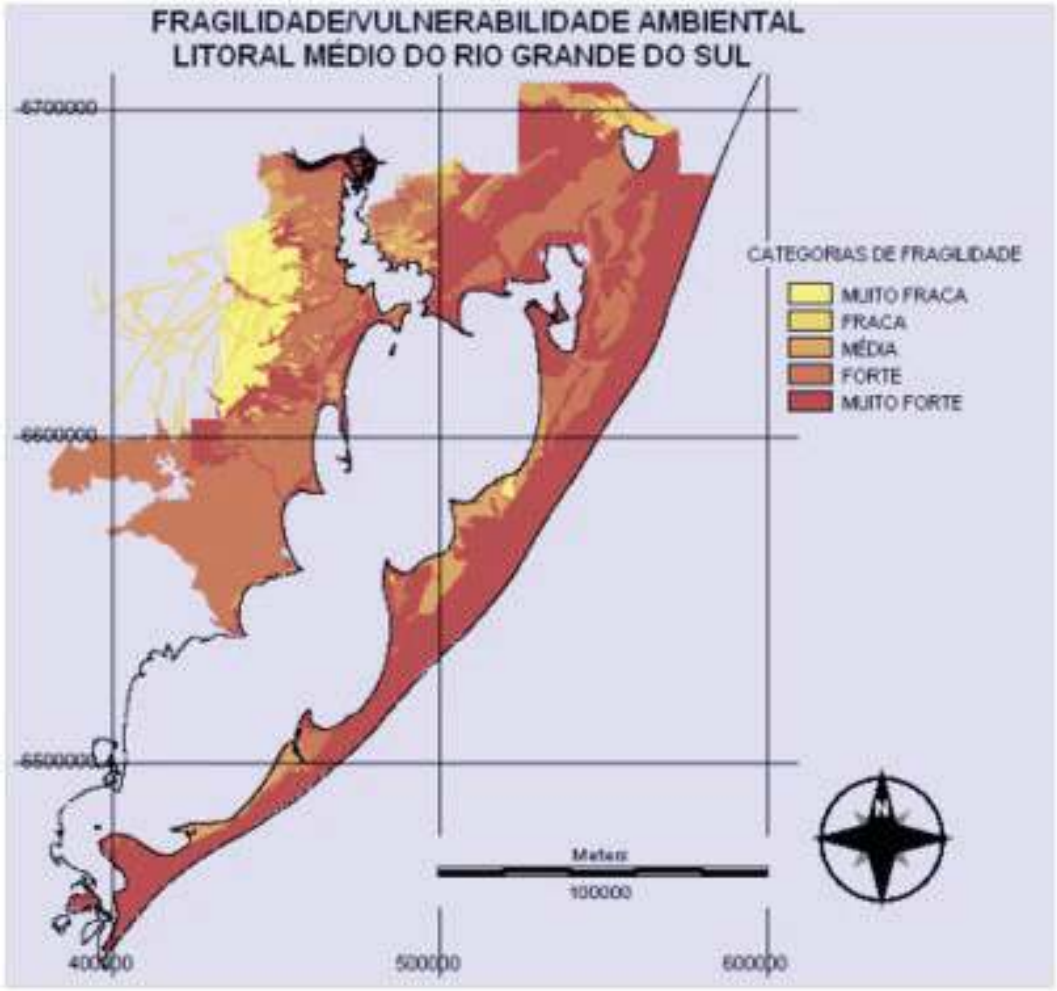
Figura 8 – Categorias de Fragilidade Ambiental - Geomorfologia



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014)

A partir dos planos de informação intermediários que contemplam as classes de vulnerabilidade/fragilidade ambiental, foram realizados os cruzamentos respectivos usando-se o módulo *overlay* do *software* Idrisi. Empregando-se a função *maximum,* que realiza a operação de sobreposição dos planos de informação na qual são escolhidos os valores máximos dos pixels das imagens, chegou-se a um mapa temático final (figura 9) com 5 (cinco) classes de fragilidade ambiental.

Figura 9 – Categorias de Fragilidade do Litoral Médio do RS



Fonte: Paulo Roberto Fitz (2014).

A análise dos produtos gerados a partir do cruzamento das informações constantes nos mapas gerados sugere que muitas áreas da região estudada apresentam um certo grau de limitação. É importante ser destacado, entrementes, que os produtos aqui gerados se vinculam tão somente aos temas geologia e geomorfologia. Dessa forma outros temas — solos, declividades, clima, economia, uso do solo, hidrografia, dinâmica social etc. — deveriam ser agregados para a execução de um futuro ZEE.

POTENCIALIDADES E RESTRIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS

Com relação às questões de potencialidades de uso dos recursos minerais da região estudada, observa-se que, apesar de apresentar uma gama considerável de possibilidades, há restrições em termos de sua fragilidade/vulnerabilidade ambiental. Assim, o aproveitamento dos recursos deveria ser examinado caso a caso, podendo-se listar as seguintes ocorrências:

- Areia industrial;
- Areia para a construção civil;
- Arenito para pedra de talhe;
- Argila para cerâmica vermelha;
- Aquíferos;
- Basalto para brita;
- Granito para brita;
- Granito para pedra de talhe;
- Granito para rocha ornamental;
- Material de empréstimo;
- Minerais pesados;
- Saibro de basalto; e
- Saibro de granito.

As ocorrências listadas encontram-se devidamente mapeadas, mas convém destacar, conforme pode ser observado nos processos minerários disponibilizados pelo DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral, a possibilidade de extração de minério de titânio e ilmenita na região de Tavares e São José do Norte. Outrossim, além das questões relativas especificamente relativas aos recursos minerais, tem-se a possibilidade de aproveitamentos da área através de atividades de turismo, atividades de lazer e recreação, paisagismo, agropecuária, geração de energia etc.

Quanto às restrições, sobretudo ao se levar em consideração a ação dos agentes erosivos, tem-se o seguinte quadro:

- Nas áreas litorâneas, os campos eólicos constituídos por dunas frontais e campos de dunas parabólicas e barcanóides ou mesmo dunas transgressivas apresentam porções bastante suscetíveis aos agentes erosivos e receberam altos graus de fragilidade/vulnerabilidade.
- O rosário de lagoas e seu entorno com presença constante de banhados constitui área de extrema fragilidade. Foram verificadas intervenções antrópicas substanciais nestas porções.
- As áreas de depósitos coluviais também são bastante suscetíveis aos agentes erosivos.

- As áreas de encostas de morros que apresentam, por vezes, vertentes íngremes, mereceriam melhor atenção.
- Com relação às falhas geológicas, tem-se que o entorno de suas áreas apresentam risco de contaminação de águas subterrâneas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado buscou subsidiar o projeto RS biodiversidade para a futura elaboração de um ZEE do Rio Grande do Sul, a partir da indicação das restrições e potencialidades da geologia e da geomorfologia da zona. Para tal, basicamente foram utilizados recursos já existentes e, a partir destes, aprimorar seus conteúdos.

As características dos materiais disponibilizados – mapas antigos, confeccionados em folha de papel vegetal em processo de deterioração – conduziram a ajustes tanto relativos à inexistente legenda dos mesmos, quanto a problemas relativos à própria condição do material. As maiores dificuldades estavam vinculadas às discrepâncias encontradas entre os mapas vetorizados, tidos como base, com outros mapas mais recentes, porém em escala menor. A utilização de imagens de satélite contribuiu para a atualização das cartas, uma vez que certas áreas que, conforme a base, possuíam lagoas e/ou áreas alagadiças, contemplam, atualmente, áreas com cultivos de arroz.

RECOMENDAÇÕES

Para auxiliar uma futura confecção do ZEE da região, foi confeccionada a tabela 4 que apresenta recomendações para possíveis e futuros empreendimentos.

Deve-se ter em mente, entretanto, que estas recomendações se baseiam em uma análise vinculada a uma escala de trabalho de 1:100.000. Nesta perspectiva, para o caso de futuras licenças, recomenda-se uma análise mais específica, onde cada caso deve ser examinado pontualmente.

Tabela 4 – Categorias Hierárquicas de Fragilidade Ambiental - Recomendações

Categoria	Valor	RECOMENDAÇÕES
Muito baixa	1	Restringir o florestamento com espécies exóticas.
Baixa	2	Restringir a disposição de resíduos sólidos ou aterros sanitários. Restringir o florestamento com espécies exóticas. Restringir a ocupação de áreas inundáveis.
Média	3	Restringir a mineração. Restringir a disposição de resíduos sólidos ou aterros sanitários. Restringir edificações. Restringir o florestamento com espécies exóticas. Não ocupar áreas inundáveis.
Alta	4	Restringir a mineração. Restringir a disposição de resíduos sólidos ou aterros sanitários. Restringir as atividades agropecuárias. Restringir edificações. Restringir o florestamento com espécies exóticas. Não ocupar áreas inundáveis.
Muito alta	5	Restringir a mineração. Restringir a disposição de resíduos sólidos ou aterros sanitários. Restringir as atividades agropecuárias. Não permitir edificações. Não permitir o florestamento com espécies exóticas. Não ocupar áreas inundáveis.

Fonte: Autor (2014).

Como exemplo, tem-se que as áreas de encostas e o entorno de falhas geológicas mereceriam um maior detalhamento para evitar possíveis problemas. De igual sorte, as áreas de banhados e o entorno das lagoas necessitariam de atenção especial.

Concluindo, sugere-se que, quando de futuras ocupações nestas áreas, seja exigido um laudo pormenorizado para impedir problemas ambientais relativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Central do Estado de Roraima.** Brasília (DF), 2002. Disponível em: <www.suframa.gov.br/publicacoes/interiorizando/roraima.pdf>. Acesso em: 20 set. 2013.

CALLIARI, Lauro; TOLDO JÚNIOR, Elírio E.; NICOLODI, João L. Classificação Geomorfológica. In: MUEHE, Dieter (Org.). **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Rio Grande do Sul.** Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/80-gestao-costeira-g-erosao-e-progradacao>. Acesso: 16 ago. 2013.

CLARK UNIVERSITY. Idrisi Taiga. Clark Labs, 2009. (Conjunto de programas).

_____. Carta Linx. Worcester, MA, USA:, Clark Labs, 1998. (Conjunto de programas).

(DNPM). **Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE)**. Disponível em: <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em: 17 nov. 2013.

EASTMAN, Ronald J. Idrisi. **Taiga – guide to GIS and Image Processing**. Worcester, MA, USA: Clark Labs: Clark University, 2009.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS 10.1.** Redlands (CA): Esri, 2014. (Conjunto de programas.)

GOOGLE. Google Earth Pro. 2013. Disponível em: <https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>Acesso em: 11/05/2013.

HASENACK, Heinrich; WEBER, Eliseu (Org.). **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (escala 1:50.000)**. Porto Alegre: Centro de Ecologia UFRGS, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Imagens Landsat 2011. São Paulo, 2014.Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> Acesso: 10 maio 2013.

LOVELOCK, James. **The Evolving Gaia Theory.** Tokyo: United Nations University, 1992. Disponível em <http://archive.unu.edu/unupress/lecture1.html>. Acesso: 29 maio 2018.

MACHADO, José Luiz Flores; FACCINI, Ubiratan F. Influência dos Falhamentos Regionais na Estruturação do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13., 2004, São Paulo. (Suplemento) Disponível em <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23510/15595>. Acesso em: 10 out. 2013.

ROSS, Jurandyr L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, pp. 63-74, 1994.

SEELIGER, Ulrich; COSTA, César Serra Bonifácio.As dunas costeiras adjacentes ao estuário. In: _____.; ODEBRECHT, Clarisse. (Eds.). **O Estuário da Lagoa dos Patos:** um século de transformações. Rio Grande: Furg, 2010. pp. 137-143.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.