

ANÁLISE DA FRAGILIDADE COMO INSTRUMENTO PARA GESTÃO DE BACIAS DE RISCO – SERRA DO MAR (REGIÃO DA COSTA VERDE – RJ)

Data de aceite: 26/08/2024

Kátia Regina Góes Souza

<http://lattes.cnpq.br/3487375169780084>

Vivian Castilho da Costa

<http://lattes.cnpq.br/3181407490194397>

RESUMO: Em diversas regiões do mundo se tem notícias de ocorrências de desastres associados as fragilidades ambientais. Esses desastres estão associados a processos de antropização e resposta a eventos climáticos severos, afetando diretamente o equilíbrio dinâmico do geossistema. Entre os anos de 2010 e 2011, nas Regiões da Costa Verde e Serrana (RJ) houve perdas significativas de vidas humanas. Estes desastres catastróficos foram provocados após fortes chuvas de verão, que desencadearam sucessivos movimentos de massa. As Unidades Ecodinâmicas representam os diferentes estágios de conservação de um ambiente e podem ser classificados em três estágios distintos: ambiente estável, que prevalece a pedogênese, na qual a condição de equilíbrio se aproxima do clímax; ambiente Intergrades, em que esses meios asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis e o ambiente

instável, em que prevalece a morfogênese como elemento predominante na dinâmica do ambiente. Os riscos quase sempre se concentram em ambiente intergrades e instáveis. As técnicas de modelagem espacial, disponíveis nas ferramentas de geoprocessamento, são fundamentais para desenvolver essas análises. A presente pesquisa se propõe a desenvolver uma técnica de análise espacial, baseada em lógica difusa, visando identificar as áreas que podem vir a se converter em risco ambiental, nos limites do Parque Estadual Cunhambebe e sua zona de amortecimento, localizado na Região da Costa Verde no Estado do Rio de Janeiro.

PALAVRAS-CHAVE: Risco, Fragilidade Ambiental, Lógica nebulosa, Serra do Mar.

FRAGILITY ANALYSIS AS AN INSTRUMENT FOR MANAGING RISK BASINS – SERRA DO MAR (COSTA VERDE REGION – RJ)

ABSTRACT: In several regions of the world there are reports of disasters associated with environmental weaknesses. These disasters are associated with anthropization processes and response to severe climatic events, directly affecting the dynamic balance of the geosystem. Between 2010 and 2011, in the Costa Verde and Serrana Regions (RJ) there were significant losses of human life. These catastrophic disasters were caused after heavy summer rains, which triggered successive mass movements. Ecodynamic Units represent the different stages of conservation of an environment and can be classified into three distinct stages: stable environment, in which pedogenesis prevails, in which the equilibrium condition approaches the climax; Intergrades environment, in which these environments ensure the gradual passage between stable environments and unstable environments and the unstable environment, in which morphogenesis prevails as the predominant element in the dynamics of the environment. Risks are almost always concentrated in intergrade and unstable environments. Spatial modeling techniques, available in geoprocessing tools, are fundamental to developing these analyses. The present research proposes to develop a spatial analysis technique, based on fuzzy logic, aiming to identify the areas that may become an environmental risk, within the limits of the Cunhambebe State Park and its buffer zone, located in the Costa Verde Region. in the state of Rio de Janeiro.

KEYWORDS: Risk, Environmental Fragility, Fuzzy Logic, Serra do Mar

INTRODUÇÃO

A partir dos anos de 1950 a distribuição populacional brasileira passou a registrar contínuas transformações em seu arranjo espacial, corroborando para profundas mudanças na estrutura demográfica do Brasil. O país, antes dessa época, tinha um arranjo predominante rural, passando a uma estrutura demográfica predominantemente urbana (Brito, 2006). Ainda de acordo com IBGE (2023), em 1950 a população residente no país era de 51.941.767 habitantes, e atualmente, a população residente passa de 211 milhões de habitantes. No caso específico da cidade do Rio de Janeiro, em 1950 a população residente era de 2.377.451 habitantes e, no presente, é de 15.989.929 habitantes (IBGE, 2023). Significa que ao longo de 73 anos a população do Rio de Janeiro aumentou cerca de 7 vezes em uma mesma área. Essas transformações no arranjo populacional, ao longo dos anos, corroboraram para as profundas mudanças no espaço urbano da cidade.

Em relação aos aspectos físicos, a cidade do Rio de Janeiro apresenta uma paisagem de topografia montanhosa e de vastas planícies fluviais e costeiras. Essas mesmas características físicas, dependendo da localização geográfica, podem representar locais de alto ou baixo padrão social. A diferença entre um e outro é a valorização do metro quadrado no mercado imobiliário. As áreas de baixo interesse no mercado imobiliário, geralmente, são ocupadas pela população de baixa renda que se concentram predominantemente em áreas acidentadas ou alagáveis e sem acesso ao saneamento básico. O fato é que essa

população de baixa renda, ocupa de forma desordenada as áreas de encostas dos morros da cidade e as margens dos rios, modificando profundamente a paisagem e degradando o ambiente natural (Abreu, 2006). Contudo, esse padrão de ocupação se estende a outros municípios do Estado do Rio de Janeiro, seja na região serrana ou na planície litorânea, extrapolando para outros estados da federação que se inserem na Serra do Mar. O resultado são sucessivos episódios de enchentes e movimentos de massa provocados pelas chuvas torrenciais do verão que podem convergir para perdas de vidas e de bens materiais de forma irreparável. Os processos erosivos (susceptibilidade) da Serra do Mar fazem parte da dinâmica natural do ambiente. Entretanto, a partir do momento em que há assentamentos populacionais nessas áreas, configuram-se as áreas de risco, podendo desencadear desastres e conseqüentemente danos a sociedade.

Pode-se dizer que a Serra do Mar, devido as próprias condicionantes ambientais intrínsecas, é essencialmente um cenário para formação de áreas de risco. Esses eventos, são agravados à medida que se aceleram os processos de antropização. Um exemplo do que foi dito, ocorreu nos anos de 2010 nas Regiões da Costa Verde, com 53 mortes (O Globo, 2010), e 2011 na Região Serrana, com 953 mortes e 350 pessoas desaparecidas (O Globo, 2011). Em fevereiro de 2022, o município de Petrópolis também foi afetado por fortes chuvas, resultando na morte de 233 pessoas (O Globo, 2022). Após um ano, foi a vez da Região de São Sebastião, no litoral norte do Estado de São Paulo, que resultou em 64 mortos (O Globo, 2023). O que todos esses desastres têm em comum é o ambiente da Serra do Mar. Todos os casos de desastres citados, foram embalados por sucessivos movimentos de massa que resultaram em perdas e danos significativos para a sociedade. Esses dados nos mostram que o mapeamento preditivo de áreas frágeis da paisagem, que podem vir a se converter em potenciais áreas de risco, é fundamental. Os dados gerados no mapeamento são essenciais ao monitoramento das áreas em relação à presença de novos assentamentos urbanos e geração de políticas públicas.

De acordo com cálculos do Banco Mundial (2012), e com base na metodologia da Comissão Econômica para a América Latina (CEPAL), as perdas e danos dessas catástrofes, nessas localidades, considerando os impactos diretos e indiretos sobre a infraestrutura, setores sociais, setores produtivos e de meio ambiente, chegaram ao montante de R\$ 15 bilhões ao ano (Bertone; Marinho, 2013, p. 9). Foi com base nesses números que o governo federal decidiu implementar a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, pela Lei Federal 12.608/2012 e o Programa 2040 que instituiu o Plano Nacional de Gestão de Risco e Respostas a Desastres no Plano Plurianual 2012-2015 (Brasil, 2012). Por isso foi criado o CEMADEN, em 16/04/2018, através da portaria n.º 2085/2018/SEI-MC TIC, visando o mapeamento, monitoramento e análise de riscos, encaminhando ao CENAD que encaminha os alertas a Defesa Civil nos estados e municípios pelo Sistema Nacional de Monitoramento e Alerta (Brasil, 2018).

De modo geral, entende-se que o risco é mutável, se reproduz no tempo e no espaço, está em toda parte e não há como eliminá-lo por completo. O que difere um risco de outro é a sua tipologia, o ambiente em que se desenvolve e a escala de observação. O risco não pode ser analisado isoladamente. Se ele existe é porque há alguém ou algo que se encontra em situação de ameaça ou vulnerabilidade. Em todas as regiões do planeta, se tem notícias de ocorrências de desastres e situações de exposição ao risco. No Brasil, as tipologias de risco mais comuns estão associadas as fragilidades do meio ambiente natural e acentuadas pelos antropismos vinculados as atividades econômicas e ocupações irregulares.

O conceito de risco vem sendo modificado com o passar dos anos, mas foi nos anos de 1980 que o sociólogo alemão Ulrich Beck assolou a comunidade científica com a teoria da sociedade de risco, trazendo a baila os impactos socioambientais relacionados a transição de uma sociedade moderna para a uma sociedade pós-moderna. Nos anos de 1990, Anthony Giddens expõe sobre uma sociedade vulnerável aos riscos transfronteiriços provocados pela modernidade tecnológica (Guivant, 2001). Se o risco está em toda parte, consequentemente perpassa várias áreas das ciências. Essa peculiaridade acarreta grande dificuldade para construir um conceito único que abarque um conjunto de olhares para a mesma problemática. Neste aspecto, o geógrafo francês, Lucien Faugeres, nos anos de 1990, apresentou sua pesquisa sobre “La dimension des faits et la theorie du risque” trazendo uma importante contribuição para a hierarquização entre os conceitos de risco, perigo e crise, na qual na maioria dos trabalhos os termos se confundem (Lourenço, 2014).

Embora muitas vezes seja confundido como o desastre propriamente dito, o risco apresenta indicadores que levam a crer que um acidente ou desastre possa ser desencadeado, mas que pode nunca se manifestar de fato. Na trilogia do risco, perigo e crise, Lourenço (2014), definem o perigo como o limiar da transição entre risco e crise. A crise é vista a plena manifestação ou a realização do risco. A figura a seguir esclarece de forma didática como essa dinâmica se desenvolve. Desde modo, entende-se que o risco está mais ou menos distante da manifestação. O perigo está em situação mais próximo da manifestação do risco, ou seja, da crise. Sendo assim, só vamos falar de perigo quando a crise é eminente (Lourenço & Almeida, 2023).



Figura 1 – Limiar entre risco, perigo e crise

Fonte: Souza (2023), adaptado de Lourenço (2014).

Com o olhar para vulnerabilidade de quem se expõe ao risco, Veyret (2007), entende que o risco é objeto social que se define como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Para a autora, não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos, na qual se encontra a vulnerabilidade social (op. cit.).

Nos anos de 2000, representantes ao redor do mundo, através da ONU, se comprometeram a tomar medidas de redução do risco e das vulnerabilidades aos desastres, prevenindo novos riscos e implementando medidas integradas e inclusivas para preveni-los e reduzi-los

Essas necessidades balizaram o Marco de Hyoto e Marco de Sandai (UN-ISDR, 2015). Diante da diversidade conceitual que envolve a questão dos desastres naturais, acredita-se que o melhor caminho a seguir é o ditado pelos padrões internacionais, o que não resolve o problema, face à dificuldade em encontrar uma tradução para *hazard*. Com efeito, Rebelo (1999, p. 5) conclui que *hazard* “pode perfeitamente traduzir-se por risco, em português”, embora reconheça que nem sempre é dessa forma, como demonstrou num dos seus últimos trabalhos (Rebelo, 1999). Para UN-ISDR (2015) *hazard* é um evento de natureza física ou um fenômeno resultante da atividade humana, que pode causar um potencial prejuízo e perdas as estruturas sociais, econômicas e ambientais. Por sua vez, *natural hazard* pode ser definido como um processo ou um conjunto de fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir um evento danoso. Deste modo, podem ser classificados em função da sua origem, a saber: geológica, hidrometeorológica ou biológica.

Um conceito interessante, do ponto de vista da abrangência e da escala, que pode ser ideal para estudos regionais, é o conceito de Bacia de Risco que diz o seguinte: “Quando nos colocamos num determinado local ou região, verificamos que estamos sujeitos a um certo número de riscos. Entra, aqui, então, em primeiro lugar, o conceito de escala; e entra de dois modos diferentes, ou seja, a escala taxonômica (local, regional) e a escala dos riscos, que podem ser de grande dimensão ou de pequena dimensão”. Sendo assim, entende-se por Bacia de Risco, a convergência num local ou numa região de dois, ou mais riscos, que até podem manifestar-se ao mesmo tempo, originando crises complexas (Rebello, 1999, p. 9).

Os geossistemas possuem propriedades que os caracterizam e que representam o seu comportamento diante de uma situação de pressão, são eles: gênese, funcionamento, estrutura, estado, estabilidade, autorregulação, capacidade adaptativa, resistência e resiliência (Seabra & Cruz, 2014). Em relação à análise do ambiente em áreas de riscos, neste caso específico na Serra do Mar, é fundamental compreender a dinâmica geossistêmica da área de estudo, para que através do uso de técnicas de geoprocessamento, seja possível prever os desdobramentos de respostas do ambiente em caso de desequilíbrios dinâmicos. Nesse viés, o uso de técnica de sensoriamento remoto torna-se perfeitamente aderente a detecção de mudanças que ocorrem independentemente da escala e do prazo que ocorrem. Congruente a esse fato, entende-se que a atual disponibilidade e acesso a sensores alta resolução tem ampliado o potencial de percepção das variações espaços temporais de diferentes magnitudes da paisagem (Seabra & Cruz, 2014).

Neste viés, buscou-se em Aziz Ab’Saber, fundamentos teóricos para entender os compartimentos geomorfológicos da Serra do Mar. Para o autor, entende-se por domínio morfoclimático e fitogeográfico como o junto espacial extenso constituído de feições paisagísticas e ecológicas integradas, na qual ocorre um conjunto coerente de feições de relevo, solos, formas de vegetação e condições climáticas hidrogeológicas. Esses conjuntos são constituídos por um núcleo (core) constituídos de domínios paisagísticos e ecológicos integrados, domínios vizinhos, totalmente distintos, e uma de transição (inter espaço de transição) e de contato que afeta de maneira mais sensível os componentes da vegetação, a distribuição dos solos, podendo afetar até as feições do relevo (Ab’Saber, 2003).

Sobre a Serra do Mar, diz ainda o autor, que se insere nos domínios dos “Mares de Morros” florestados, na qual se destaca uma área de mamelonização extensiva, ou seja, morros arredondados ou mamelonares, decorrentes de uma formação de relevo muito antigo que é resultante da formação de dobramentos da Era Pré-cambriana e que, portanto, foi muito desgastado pelos agentes exógenos, contribuindo, assim, para a formação de vertentes com topo arredondado (Ab’Saber, 2003). Considera-se que esses ambientes sofrem fortes processos de erosão e de movimentos de massa em todo o território brasileiro da Serra do Mar, na qual cada domínio geológico e topográfico tem seus próprios problemas de comportamento perante as ações antrópicas. Essas áreas de transição entre core(s) distintos, e as áreas que sofrem fortes processos de erosão e movimento de massa, associados aos assentamentos humanos irregulares, constituem potencialmente as áreas de riscos e desastres naturais.

Para modelar o meio ambiente baseou-se no conceito de morfodinâmica que constitui uma abordagem conceitual voltada para a análise do conjunto de processos interligados responsáveis pela gênese e evolução do modelado (Tricart, 1977). O autor analisa o meio ambiente do ponto de vista da teoria dos sistemas e parte do pressuposto de que “na natureza as trocas de energia e matéria se processam por meio das relações de equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções humanas, gerando estados de desequilíbrio temporário ou permanentes” (Tricart, 1977, 32). Neste viés, classificam-se os meios morfodinâmicos em 3 tipos: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis. Esses meios morfodinâmicos decorrem do balanço morfogênese/pedogênese. Os ambientes considerados estáveis são aqueles que se encontram em equilíbrio dinâmico, prevalecendo a pedogênese. Em oposição, os ambientes ditos instáveis são aqueles que se encontram em desequilíbrio dinâmico e em avançado processo de antropização e, portanto, prevalecendo a morfogênese. Já os ambientes, ditos intergrades, são aqueles que se concentram na faixa de transição entre um ambiente e outro. Tais ambientes são mais difíceis de serem mapeados, exigindo um ajuste fino para identificá-los. O termo intergrades surgiu da geologia para determinar uma transição. Estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis (op. cit.).

Jurandy Ross (2009), fez adaptações ao conceito de morfodinâmica de Tricard, definindo a fragilidade potencial do relevo como Unidades Ecodinâmicas, também classificadas como estáveis, intergrades e instáveis. Para o autor, face às intervenções humanas, que condizem com mudanças tecnológicas, econômicas, sociais e ambientais, os sistemas ambientais podem apresentar maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas. Portanto, qualquer alteração nos diversos componentes da natureza, como relevo, clima, solo, vegetação e recursos hídricos, provocam desequilíbrios nas funcionalidades do sistema ambiental, quebrando o equilíbrio dinâmico. A fragilidade também é citada por Ratcliff (1971), que se preocupa com a mensuração da sensibilidade inerente a um ecossistema frente as pressões ambientais sofridas, em combinação com a potencial ameaça que poderia alterar o equilíbrio existente. Desta forma, qualquer perturbação no relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos rescinde o equilíbrio dinâmico, podendo comprometer a funcionalidade do sistema (Spörl, 2001). Para Kawakubo (2006) a erodibilidade do solo corresponde à vulnerabilidade do solo à erosão, principalmente quando as diferenças nos atributos físicos e químicos explicam em muitos casos o fato de alguns solos erodirem mais que outros que estão expostos às mesmas condições de ambiente. Além disso, considera que o tipo de uso do solo e a cobertura vegetal também interferem nos processos erosivos. Daí a relação intrínseca entre os estudos de fragilidade e risco ambiental.

Em uma escala de análise regional, entende-se que as áreas de risco se concentram predominantemente em domínios das Unidades Ecodinâmicas Instáveis e Intergrades. Essas áreas precisam ser identificadas, nos mapeamentos sistemáticos, como informação importante para compor o Plano Nacional de Gestão de Risco a Desastres, mostrando de forma mais abrangente as áreas frágeis que podem vir a se desdobrar em áreas de risco.

Deste modo, baseando-se nos conceitos de Bacia de Risco e de Fragilidade Ambiental, esse artigo versa sobre o desenvolvimento de uma metodologia de análise ambiental preditiva, baseada na lógica nebulosa (fuzzy), visando a identificação das Unidades Ecodinâmicas Intergrades que correspondem as áreas de transição entre Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis.

A área de estudo envolve o Parque Estadual Cunhambebe (PEC) e sua Zona de Amortecimento (ZA), criado pelo Decreto Estadual n.º 41.358 em 13 de junho de 2008, sob tutela do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A ZA possui área equivalente a 85.396,68 hectares, e o PEC 38.053,05 hectares (fig. 2). As duas juntas somam 123.449,73 hectares (INEA, 2014). A ZA perpassa os municípios Itaguaí, Rio Claro, Mangaratiba e Angra dos Reis. Segundo a CPRM, os dois últimos municípios estão classificados entre os municípios susceptíveis a desastres naturais (INEA, 2008). Trata-se de uma região (denominada de Costa Verde no Estado do Rio de Janeiro) de grande interesse para a atividade turística, com paisagem peculiar e encravada entre as escarpas da Serra do Mar e o Oceano Atlântico (Fig.2).

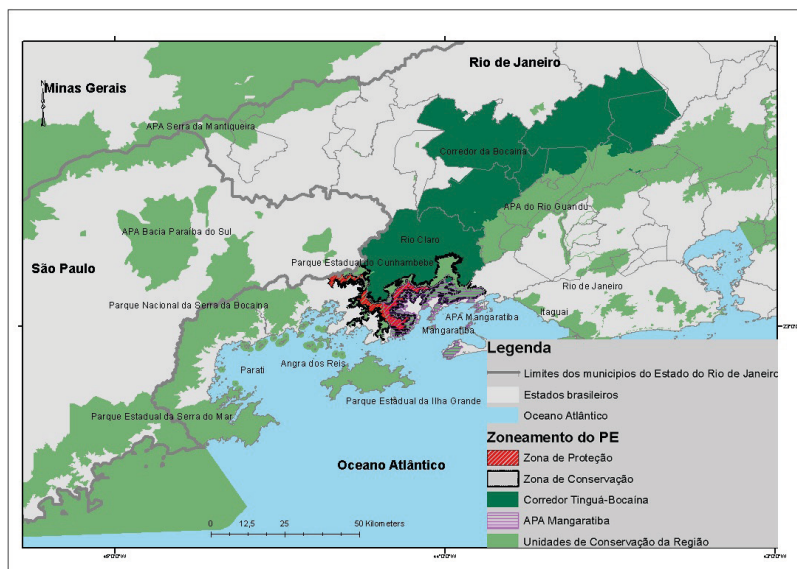


Figura 2 – Delimitação da área de estudo e unidades de conservação

Fonte: Souza e Lourenço (2020)

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

O plano de manejo do Parque Estadual Cunhambebe (PEC) foi desenvolvido pelo Instituto Terra de Preservação Ambiental (IPTA) em 2012. Mas, todos os dados do meio físico, utilizados no desenvolvimento da pesquisa, foram cedidos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2012). Para realizar os levantamentos de campo, como pontos de ocorrências de deslizamentos, utilizou-se equipamentos GNSS, imagens de alta resolução fornecidas pelo INEA (2012). Para desenvolver o modelo ambiental valeu-se dos seguintes dados vetoriais, matriciais e relatórios:

Nome da camada de dado	Fonte	Escala	Ano
Plano de manejo do Parque Estadual Cunhambebe	IPTA	-	2012
Curvas de Nível	IBGE	1:50.000	2015
Mapa de declividade	IPTA	1:50.000	2015
Mapa de solos	IPTA	1:50.000	2015
Uso e Cobertura do Solo	IPTA	1:2.000	2015
Índice Pluviométrico	IPTA	1:100.000	2015
Imagens de satélite	INEA	1:2.000	2012
Software ArcGIS Desktop - extensões SpatialAnalyst e Geostatistical Analyst	ArcGIS versão 10.3	-	2015
Equipamento GPS Garmin Maps		-	2017
Mapa de Fragilidade ambiental	Souza (2017)	1:100.000	2017
Mapa de Unidades Ecodinâmicas	Souza (2017)	1:100.000	2017
Pontos de risco	CPRM	-	2017
Pontos de risco	DRM, UERJ/INEA	-	2016
Mapa de áreas urbanizadas	IBGE	Escala aproximada 1:50.000	2019
Pacote Microsoft Office	IBGE		2023

Tabela 1 – Dados utilizados

Fonte: Souza (2017 e 2023).

Métodos

Para melhor entendimento do método fuzzy que será aplicado adiante, considera-se importante rever os métodos booleanos desenvolvidos na pesquisa de Souza em 2017, na qual utilizou ferramentas de geoprocessamento, baseadas em análise multicritérios e matriz AHP, para desenvolver um mapa de risco ambiental a partir da intersecção dos mapas de risco natural (análise do meio físico), risco social (vulnerabilidade da população) e risco tecnológico (análise do meio produtivo). Para Souza (2017) o risco não ocorre isoladamente, mas de forma sistemática. Neste viés, essas tipologias de risco interagem no espaço geográfico, repercutindo na paisagem. Para esta pesquisa vamos detalhar apenas os métodos desenvolvidos para produzir o mapa de risco natural, necessário para dar sequência ao experimento com o método fuzzy.

Visando perscrutar o meio físico da região, desenvolveu-se dois mapas, sendo um de fragilidade ambiental e outro de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, ambos baseados na metodologia –desenvolvida por Ross (2009). Entretanto, conceitualmente Tricart (1977) cita também os ambientes intergrades. Mas, usando essa metodologia booleana, não há representação explícita das unidades intergrades, ficando diluída entre as gradações das classes dos mapas de unidades ecodinâmicas (Souza, 2017)

Mapeamento das Fragilidades

O mapa de fragilidade ambiental tem foco nos processos erosivos e tem em seu bojo um conjunto de variáveis tais como: declividade, solos, uso da terra e cobertura vegetal e precipitação. Diferentemente do modelo de suscetibilidade, o modelo de fragilidade ambiental considera, em seu conjunto de variáveis, dados sobre uso da terra e cobertura vegetal, contribuindo significativamente para a discretização dos processos atuantes no sistema ambiental. O resultado é um mapa classificado em 5 classes de fragilidade ambiental: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, que se propõe a apontar as áreas sensíveis ou frágeis sem distinguir se a fragilidade tem origem natural ou antrópica.

Em relação à metodologia para a produção do mapa de fragilidade ambiental, converteram-se mapas vetoriais com dados sobre o relevo (curvas de nível), pedologia, uso da terra e cobertura vegetal e pluviosidade, em dados matriciais, visando gerar análises espaciais e estatísticas que não são possíveis de serem realizadas com uso de dados vetoriais. Para cada um desses planos de informações, foram calculados o tamanho do píxel conforme a escala original do mapa vetorial, usando a fórmula de erro gráfico, ou seja, $EG=0,0002 \times E$, na qual o erro gráfico é igual à constante 0,0002, melhor unidade perceptível pelo olho humano, multiplicado pela escala de mapa impresso. No caso das curvas de nível, criou-se ainda posteriormente um Modelo Digital do Terreno (MDT) visando à produção do mapa de declividade.

Em seguida, com foco na fragilidade ambiental, inferiu-se notas, variando de 1 a 5, para cada uma das classes temáticas, na qual: 1 – significa muito baixa fragilidade; 2 – baixa fragilidade; 3 – média fragilidade; 4 – alta fragilidade e 5 – muito alta fragilidade. Ross (2000) utiliza a técnica de média ponderada que, geometricamente, tem uma resposta sob representação da lógica booleana, atenuada pela aplicação de pesos. Entretanto, em vez de aplicar pesos a classes temáticas, o autor utiliza a hierarquização das camadas de dados temáticos, que representa a prevalência de um tema em relação ao outro com vistas a sensibilidade do ambiente. Neste caso, tem-se a seguinte sequência de prevalência hierárquica entre os planos de informações: declividade (1), pedologia (2), uso do solo e cobertura vegetal (3) e precipitação (4). Os dois primeiros temas, declividade e pedologia, vão balizar os processos relacionados a pedogênese. Já o uso do solo e cobertura vegetal e precipitação, vão delinear os processos que envolvem a morfogênese. Com isso, será produzida uma sequência numérica composta por 4 dígitos, na qual cada um desses dígitos pode variar de 1 a 5. Dessa forma, quanto menor o número (1111), menor a fragilidade. Por outro lado, quanto maior o número 5555, maior a fragilidade. As classes de fragilidade do mapa também variam de 1 a 5, onde: (1) equivale a muito baixa fragilidade ambiental; (2) baixa fragilidade ambiental; (3) média fragilidade ambiental; (4) alta fragilidade ambiental e (5) muito alta fragilidade ambiental.

Na área de estudo há superposição de duas unidades de conservação: o Parque Estadual Cunhambebe (PEC), de proteção integral, e a Área de Proteção Ambiental de Mangaratiba (APAMAN), de uso sustentável, ambas geridas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Esse fator favorece um elevado percentual de áreas em bons estados de preservação e conservação do ponto de vista biótico e abiótico. Neste caso, pode-se dizer que grande parte das áreas envoltas por estas unidades de conservação se encontram em equilíbrio dinâmico. As áreas montanhosas, banhadas pelo Oceano Atlântico, são cobertas por floresta ombrófila densa. Essa combinação favorece a formação de chuvas orográficas no verão. Por outro lado, nas bordas dessas áreas, na zona de amortecimento, há um intenso processo de antropização com perda da vegetação nativa muito característico na região, tais como, cultivo de bananeiras, pecuária, faixa de servidão das linhas de transmissão de energia, entre outros. Portanto, a soma de todos esses elementos, juntos, ativos e coabitando o mesmo espaço é a causa de uma série de episódios de desastres na Região da Costa Verde. Essa relação de adjacência entre essas áreas, muito distintas entre si, estimulou o uso do conceito de fragilidade de Tricart (1977) e a aplicação do método de Ross (2009) para análise proposta pela pesquisa.

Entendendo a representação das cores do mapa (fig.3), quanto mais próximo do verde-escuro, menos frágil e quanto mais próximo aos tons avermelhados, mais frágil é a área. Neste caso, verifica-se que há uma grande área impregnada pelos tons vermelhos (muito alta e alta fragilidade) e amarelos (média fragilidade) e verdes (com baixa fragilidade). Destaca-se a faixa sinuosa na direção leste-oeste, delineando a linha de cumeeada do maciço, na Serra do Piloto, que devido à alta declividade e solos rasos ou inconsolidados se insere em classe muito alta fragilidade ambiental. Observa-se também as reentrâncias

que se formam na escarpa da vertente sul, constituído de colúvio e tálus, representando as áreas de transição, entre montanhas e planícies. As áreas em tons de verde, são áreas de sedimentação constituída de materiais carreadas das encostas, portanto são áreas de baixa fragilidade ambiental. Essas áreas têm baixa declividade e são representadas pelas áreas de planície fluvio-marinha que se estendem até a beira-mar, onde se encontram instaladas as sedes dos municípios litorais e as principais localidades. Neste caso, a nordeste do mapa também se encontra uma grande planície fluvial que se refere à represa de Ribeirão das Lajes.

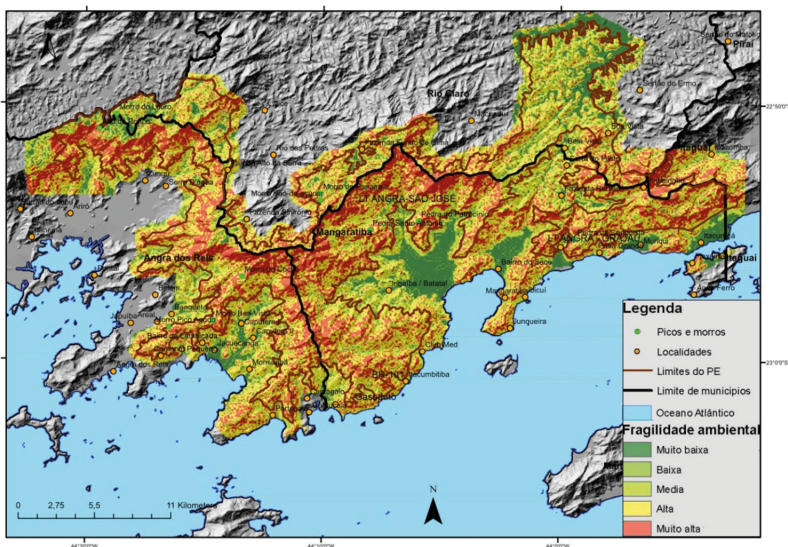


Figura 3 – Mapa de fragilidade ambiental

Fonte: Souza e Lourenço (2020)

Em relação aos quantitativos do mapa de fragilidade ambiental, tem-se que a área de estudo possui um total 690 km². Desse montante, 69% (477,12 km²) encontram-se predominantemente as classes de fragilidade ambiental muito alta e alta. Enquanto somente 31% (212,98 km²) da área se encontram as classes média, baixa e muito baixa fragilidade ambiental (gráfico 1). Mostrando que grande parte da área se encontra em região predominantemente montanhosa. A distribuição das classes de fragilidade tem em sua maioria uma distribuição uniforme, com destaque de 54% para a alta fragilidade, mostrando que grande parte da área de alta fragilidade se encontram em áreas de transição, na escarpa. Importante citar que as áreas de alta fragilidade podem ter diferentes origens, podendo ser conduzidas pela alta declividade e tipo de solo, assim como as áreas antropizadas. Com essa combinação de condicionantes, essas áreas podem ser convertidas em áreas de risco. Contudo, essa discrepância pode estarem associadas aos problemas de rupturas booleanas entre as classes de média fragilidade ambiental e muita alta fragilidade ambiental, muito comum no uso do método booliano.

Fragilidade	Área km²	% Área
Muito Baixa	88.50	13
Baixa	45.98	7
Média	78.50	11
Alta	374.96	54
Muito Alta	102.06	15
Total	690.02	100

Tabela 2 – Classes de fragilidade ambiental por área e percentual

Fonte: Souza (2017)

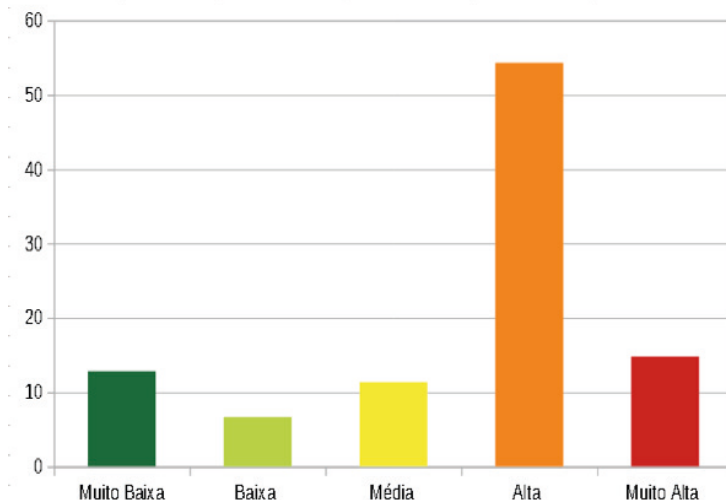


Gráfico 1 – Percentuais de áreas (km²) de classes de fragilidade ambiental

Fonte: Souza (2017)

Mapeamento das Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis

O mapa de unidades ecodinâmicas, proposto por Ross (2000) não é um processo automático realizado a partir de ferramentas de geoprocessamento. Para criá-lo, fez-se necessário transformar os valores de fragilidade em valores qualitativos, sobrepondo os planos de informações sobre pedologia, cobertura vegetal e uso da terra, precipitação e outros planos auxiliares como geomorfologia para fazer a análise qualitativa. Por exemplo, se a área analisada tem alta declividade e cobertura vegetal densa em estágio avançado, estamos analisando uma área potencialmente estável, em maior equilíbrio dinâmico e livre de processos antrópicos. Na morfodinâmica das áreas estáveis há predomínio de processos pedogênicos. Em relação às áreas potencialmente instáveis, a cobertura vegetal deu origem a pastos, faixas de servidão de redes de energia ou gasodutos, áreas agricultáveis e assentamentos humanos em áreas de alta, média ou baixa declividade, e em baixo equilíbrio dinâmico. Na morfodinâmica das áreas instáveis, há predomínio de processos morfogênicos.

Conforme o mapa de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis (fig.4), as áreas mais frágeis, classificadas como estáveis (tons verdes), e em melhor estado de conservação, se concentram predominantemente dentro dos limites de preservação do PEC que integra uma unidade de conservação de proteção integral. Já as áreas, classificadas como instáveis (tons laranja), em diferentes estágios de degradação, se concentram predominantemente fora dos limites do PEC, e na área da APAMAN, que integra uma unidade de conservação de uso sustentável, e a zona de amortecimento. O fato de ter diferentes gradações de processos pedogenéticos (unidades estáveis) e processos morfogenéticos (unidades instáveis) possibilitam uma releitura do mapa de fragilidade (fig.3) permitindo identificar os diferentes processos de fragilidade ambiental por origens antrópicas ou naturais.

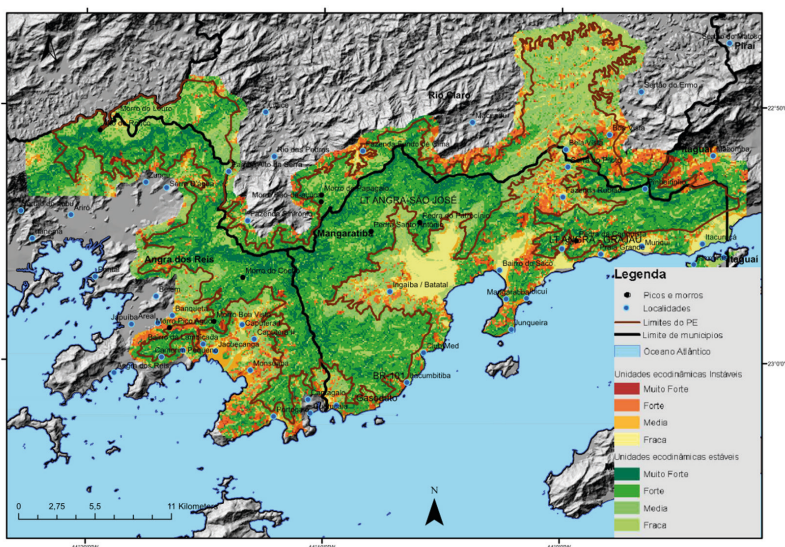


Figura 4 – Mapa de Unidades Ecodinâmicas

Fonte: Souza (2017)

A segunda etapa tem como ponto de observação o mapa de unidades ecodinâmicas (fig.4) também desenvolvido por Souza (2017), tendo também por base conceitual a teoria de Ross (2000). Este mapa difere consideravelmente do mapa de fragilidade ambiental porque tem como ponto focal a separação dos processos de origem pedogênicos e morfogênicos, na qual o primeiro encontra-se em maior equilíbrio dinâmico, chamado de ecodinâmica estável e o segundo, em menor equilíbrio dinâmico e mais exposto a antropismos, chamado de ecodinâmica instável. O mapa tem 8 classes distintas: (1) unidades ecodinâmicas estáveis fracas; (2) unidades ecodinâmicas estáveis média; (3) unidades ecodinâmicas estáveis forte, (4) unidades ecodinâmicas estáveis muito forte; (5) unidades ecodinâmicas instáveis fraca, (6) unidades ecodinâmicas instáveis média, (7) unidades ecodinâmicas instáveis forte e (8) unidades ecodinâmicas instáveis muito forte.

Neste sentido, a fragilidade reside tanto nas unidades estáveis quanto nas instáveis, sendo diferenciada pelos processos que conduzem a mesma. As unidades ecodinâmicas estáveis, por exemplo, apesar do melhor estado de conservação e preservação ambiental, a fragilidade reside nos aspectos físicos introduzidos pela alta susceptibilidades agravadas pela alta declividade, solos rasos ou regolitos, que apesar da alta densidade de mata, muitas vezes não resistem sob forte influência de chuvas orográficas. Ou seja, são áreas susceptíveis a movimentos de massa por causas naturais. Já as unidades ecodinâmicas instáveis são também balizadas pelo aspecto físico, porém sob forte influência da antropização, na qual houve supressão da mata primária, introdução de atividades pastoris pisoteando o solo, impermeabilização do solo nas áreas de ocupação humana, cortes de taludes para construção de estradas favorecendo a formação de ravinas e voçorocas, que também vão convergir para formação de áreas de alta susceptibilidade a movimentos de massa, não apenas por causas naturais, e que podem se tornar áreas de risco.

Analisando os dados quantitativamente, verifica-se que há predomínio de classes de unidades ecodinâmicas estável (539 km²) e instável (139 km²), com o predomínio, na área de estudo, de unidades ecodinâmicas estáveis com cerca de 80% das classes e 20% de classes instáveis. Isso se confirma devido o bom estado de preservação devido à presença de unidades de conservação PEC e APAMAN na região. Em relação às classes de unidades ecodinâmicas. Assim como ocorreu com dados quantitativos do mapa de fragilidade ambiental, nas unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis há também maior concentração de classes altas, com 47,3% e 42,4% respectivamente, mantendo a coerência entre os mapas. O gráfico 2 representa as classes do mapa, mostrando que, nas áreas estáveis e instáveis, 50% estão dominadas por classes fortes e fracas. Já nas unidades ecodinâmicas instáveis há maior domínio de classes mediana, enquanto as classes muito fortes estão dominadas por unidades estáveis. Essa abrangência das classes mediana, pode estar aglutinando classes que seriam classificadas como intergrades, mas que passam despercebidas com uso de técnicas booleanas.

Unid. Ecodinâmicas	Estáveis		Instáveis	
	Área Km ²	%	Área Km ²	%
Baixa	134	24.86	37.00	26.62
Média	68	12.62	37.00	26.62
Alta	255	47.31	59.00	42.45
Muito Alta	82	15.21	6.00	4.32
Total	539	100	139	100

Tabela 3 – Classes de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis por de área e percentual

Fonte: Souza (2017)

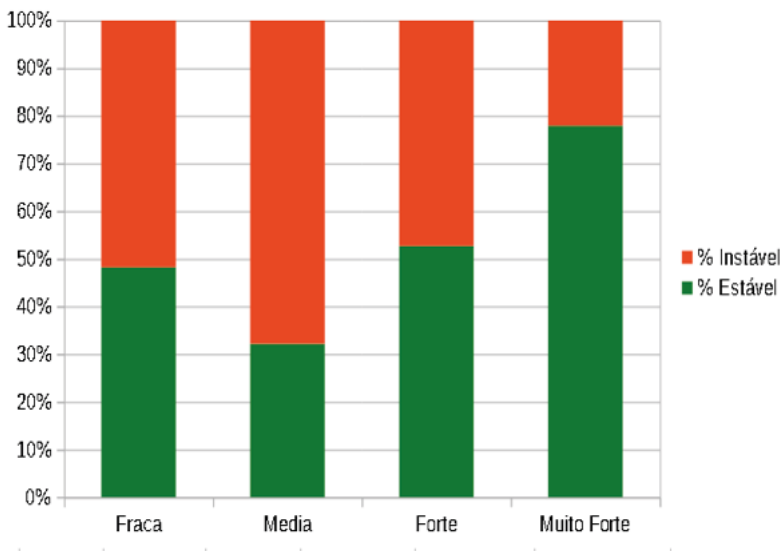


Gráfico 2 – Percentuais de áreas (km²) de classes de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis
 Fonte: Souza (2017)

Comparação do mapa de fragilidade com os pontos de ocorrências de risco

Ao confrontar o mapeamento dos pontos de áreas de risco, levantados em campo pela UERJ e INEA (2015), e os pontos de risco do Departamento de Recursos Minerais (DRM) e Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 2016 e em 2017, respectivamente, verificou-se que estes se concentram nas áreas de médio e alto risco ambiental e em áreas de Unidades Ecodinâmicas Instáveis (fig.05). Contudo, permaneceu a incerteza se esses pontos poderiam ser mais bem representados nas áreas de transição entre as unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, ou seja, as unidades ecodinâmicas intergrades, não representadas na metodologia de Ross (2000). Para isso, houve a necessidade de mudar a técnica de conjuntos booleanos para conjuntos fuzzy para identificar a abrangência das áreas de transição.

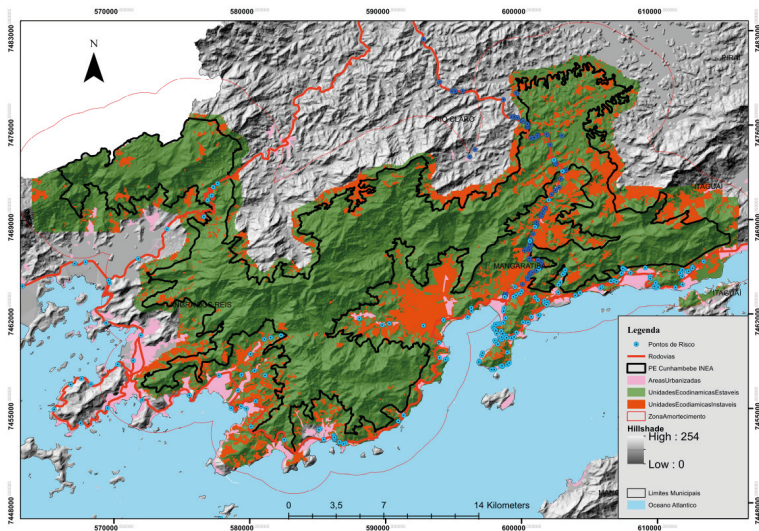


Figura 5— Áreas frágeis e os pontos de desastres

Fonte: Souza (2017)

Mapeamento das Unidades Ecodinâmicas Intergrades

O método fuzzy é indicado sempre que for necessário lidar com dados ambíguos, abstrações e ambivalência (Moreira et al., 2013). A técnica é utilizada para situações em que não se deseja ter como resposta limites rígidos entre as classes do mapa, conforme ocorre com a lógica booleana. A ênfase para a análise fuzzy é justamente tratar as classes que se situam na faixa inexistente ou de transição, chamadas de conjunto fuzzy.

Para desenvolver o modelo ambiental de ecodinâmica, com foco em ambientes intergrades, foram necessários realizar etapas muito semelhantes aos mapas anteriores, dividindo-se em quatro etapas: 1) conversão de dados vetoriais em matriciais; 2) conversão de dados qualitativos em quantitativos com aplicação de notas; 3) fuzzificação das camadas de dados envolvidas e 4) seleção e aplicação do método fuzzy (Souza, 2017). As etapas 1 e 2 foram aplicadas no mapa de fragilidade ambiental e replicadas neste mapa, conforme pode ser visto a seguir.

A primeira etapa da pesquisa transcorreu de forma semelhante à etapa de produção do mapa de fragilidade ambiental, na qual se converteu os planos de informações em estrutura vetoriais para planos de informações em estrutura matriciais, fazendo as devidas adequações no tamanho do píxel segundo a escala. Essa operação resultou na conversão em um mapa de índice pluviométrico com escala de 1:100.000 para um mapa com 20 m de píxel; mapa de uso do solo e cobertura vegetal com escala de 1:2000 para um mapa com 0,4 m de píxel; mapa de declividade com escala de 1:50.000 para um mapa com 10m de píxel e um mapa de solos com escala de 1:50.000 também para um mapa de 10m de píxel. Os planos de informação com diferentes escalas ficam sobrepostos com diferentes

escalas, tendo o maior píxel com 20 m e o menor píxel com 0,4 m. Isso significa que em um píxel de 20 m podem ocorrer até 50 píxeis de diferentes classes de 0,4 m. Deste modo, dependendo da função do conjunto aplicadas nas etapas seguintes, o resultado ou saída se apresentará de formas distintas.

A segunda etapa também ocorreu de forma semelhante ao desenvolvimento do mapa de fragilidade ambiental, convertendo-se dados qualitativos em quantitativos e usando notas de 1 a 5 para quantificar as classes consoante o grau de fragilidade ambiental.

Na terceira etapa, ocorreu o processo de fuzzificação que tem como foco a faixa de transição entre as classes. No processo de fuzzificação sucede à conversão da entrada numérica em conjuntos difusos. Trata-se de uma operação fundamental, pois na maioria das aplicações de lógica difusa os dados são numéricos, sendo necessário então fuzzificar estes em conjuntos difusos. Um conjunto numérico “x” é convertido no conjunto difuso “X” através de um fuzzificador (função). A estratégia de fuzzificação é definida a partir do tipo de inferência utilizada. O ideal é ter classes com notas variando de 10 a 100, já que esta forma favorece a apresentação de saída da técnica fuzzy. Para isso, foi necessário reclassificar as notas, passando a variar entre 10 a 100, em vez de 1 a 5, e verificar as funções ou algoritmos para determinar como os valores de pertinência decrescem de 1 e 0 e são distribuídos durante o processo de fuzzificação. Para esta etapa utilizou-se a função linear, que é útil quando os valores menores aumentam linearmente em pertinência aos valores maiores para uma inclinação positiva e opostos para uma inclinação negativa. Como os dados temáticos de entrada para análise são mapas vetoriais resultantes de generalizações cartográficas que se apoiam em álgebra booleana é pertinente a adoção da função linear. Neste caso, a função linear vai apoiar-se na transformação linear do raster de entrada, atribuindo 0 para o valor mínimo e 1 para o valor máximo de pertinência. A atividade foi desenvolvida com a extensão *spatial analyst/overlay/fuzzy membership* do ArcGIS.

Na quarta etapa são especificados os métodos para combinar as camadas de dados e, para tal, são usados conectores semelhantes à lógica booleana. Para destacar as áreas de ambiente Intergrades, utilizou-se o conector “And” que retorna o valor mínimo dos conjuntos aos quais a localização da célula pertence. Essa técnica é útil quando você deseja identificar o mínimo denominador comum para a associação de todos os critérios de entrada. Por exemplo, em um modelo de adequação habitacional, você pode querer selecionar apenas locais que tenham pelo menos 0,5 ou mais de possibilidade de serem adequados para todos os critérios de ocupação.

3. O mapa de graus de pertinência (fig. 6), baseia-se em lógica nebulosa e visa identificar a faixa de transições entre as unidades estáveis e Instáveis, muitas vezes difíceis de serem mapeadas com uso de lógica booleana. O principal insumo para produzir os mapas de graus de pertinência fuzzy é o mapa de fragilidade ambiental desenvolvido por Souza (2017). Os dados gerados pela técnica fuzzy tem uma linha interpretativa completamente distinta dos dados utilizados pelos mapas anteriores com técnica booleana. O grau de

pertinência, varia numa faixa de valores entre 0 e 1, onde significa que quanto mais próximo do (0) mais próximo da certeza e conseqüentemente mais distante da incerteza. Por outro lado, quanto mais próximo de (1), mais próximo da transição e mais distante da certeza, na qual a certeza é booleana e a incerteza é fuzzy. Para ilustrar vamos exemplificar uma topossequência de solos na região montanhosa da Serra do Mar: ponto 1: solos litólicos; ponto 2: solo litólico + cambissolo; ponto 3: cambissolo; ponto 4: cambissolo + latossolo; ponto 5: latossolo. Num conjunto booleano essa topossequência poderia ser representada pelos pontos: 1, 3 e 5. Mas na natureza não existe essa ruptura de forma rígida e na maioria das vezes há uma faixa de transição em que não há prevalência entre uma classe e a outra. Essas faixas de transição são perceptíveis nos pontos 2 e 4 da topossequência. Voltando para o intervalo de graus de pertinência, os solos 1, 3 e 5 estariam muito próximas de 0, enquanto os solos 2 e 4 estariam iguais ou próximos a 1.

Analisando o mapa de graus de pertinência (fig. 6) observa-se duas grandes faixas de tons verdes e uma larga faixa em tons de vermelho e laranja entre elas. Os pixels em tom verde representam classes predominantemente de unidades ecodinâmicas estáveis (na área do PEC) e instáveis (na área da APAMAN), muito alta, alta e parcialmente a classe mediana. Já as classes nos tons laranja a vermelho, abrangem tanto classes de ecodinâmicas estáveis e instáveis, principalmente na abrangência das classes média e baixa, apontando para a faixa de transição. A faixa fuzzy surge exatamente entre o conjunto de classes unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, mostrando que entre esses dois conjuntos, existe um terceiro de transição, sendo o conjunto intergrades ou unidades ecodinâmicas intergrades.

As unidades ecodinâmicas intergrades têm em sua estrutura, classes de declividade entre 15% e 45%, variando entre ondulado, forte, ondulado e montanhoso. Em relação às classes geomorfológicas mais encontradas, destacam-se as serras escarpadas, serras isoladas e locais, morros e colinas. Em relação ao tipo de solos, são encontrados cambissolos, latossolos, solos litólicos. Quanto a vegetação, encontram-se as classes em estágio médio e avançado.

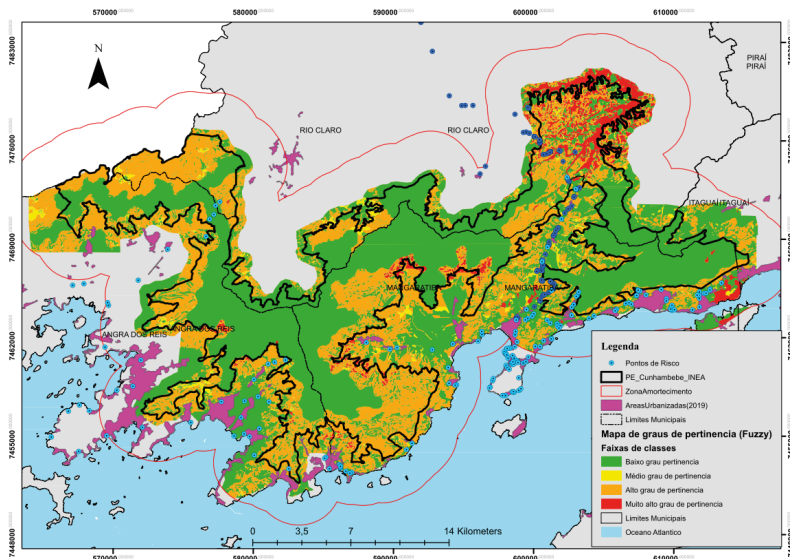


Figura 6 – Mapa de graus de pertinência Fuzzy

Fonte: Souza (2023)

Interpretando os dados quantitativos na tabela 4, na qual as classes de cor verde, corresponde a uma área de 398,55 km², representando 57,71% é a classe mais próxima de 0 grau de pertinência, ou seja, mais distante da área de transição. Neste local se concentram as classes de alta e muito alta fragilidade ambiental e as classes alta e muita altas unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis no método booliano. As faixas intergrades se concentram nas cores quentes, onde a classe de médio grau de pertinência, cor amarela, ocupa uma área equivalente a 15,07, km² correspondendo a 2,15% da área total. Estas classes estão sendo representadas nas classes de baixa e média de fragilidade ambiental e unidades ecodinâmicas no método booleano. A maioria da área é dominada pela cor laranja, equivalente a uma área de 244,91 km², correspondente a 35,46%, equivalem à classe de alta de fragilidade ambiental e unidades ecodinâmicas. Já a área de cor vermelha, correspondente a 32,04 km² e equivalente a 4,64% da área, representa a mediana onde mudam os processos significativamente. Outro dado importante observável é que mais de 60% do PEC estão ocupadas pelas classes de baixo grau de pertinência, portanto, confirmou-se o domínio por classes de muita alta e alta fragilidade ambiental e unidades ecodinâmicas estáveis.

O gráfico 3 mostra o percentual de distribuição das classes estáveis, instáveis e intergrades. Importante destacar o elevado percentual de classe intergrades do tipo fraca, mais de 50% confrontando com a situação de fracas unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis e distribuição quase igualitária entre na classe forte. Por fim, observa-se o mapa.

Pertinência	PEC e ZA		PEC	
	Área Km ²	%	Área Km ²	%
Baixo Grau	398.55	57.71	372.01	60.54
Médio Grau	15.07	2.18	0.00	0.00
Alto Grau	244.91	35.46	217.51	35.40
Muito Alto Grau	32.04	4.64	24.93	4.06
Área Total	690.02	100	614.45	100
Área do PEC				88.98

Tabela 4 – Classes de área em Km² de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis por área e percentual

Fonte: Souza (2023)

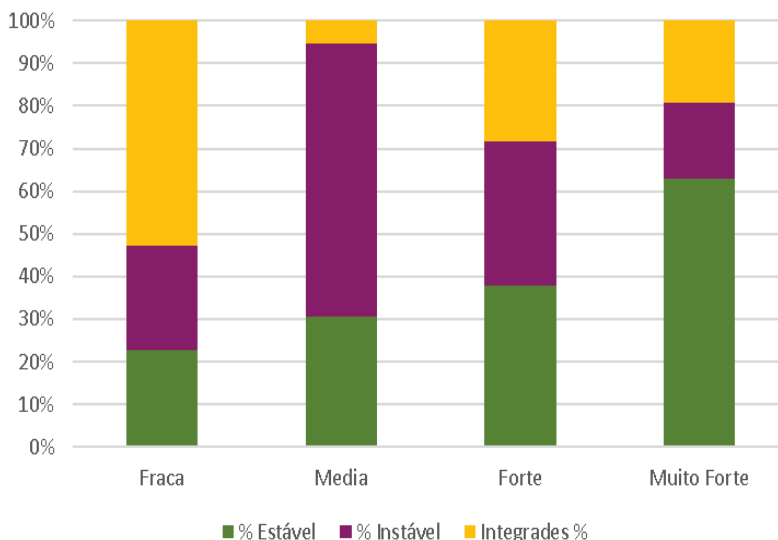


Gráfico 3 – Percentuais de área (km²) de classes das classes estáveis, instáveis e intergrades.

Fonte: Souza (2023)

A etapa final da pesquisa refere-se ao mapa síntese (fig.7) resultado da sobreposição dos mapas de unidades ecodinâmicas estáveis e instáveis, graus de pertinência, representando as unidades ecodinâmicas intergrades, áreas urbanizadas e os pontos de mapeamento de risco identificados pelo DRM (2016), CPRM (2017), levantamento de campo UERJ (2015) e pontos levantados pelo INEA (2015).

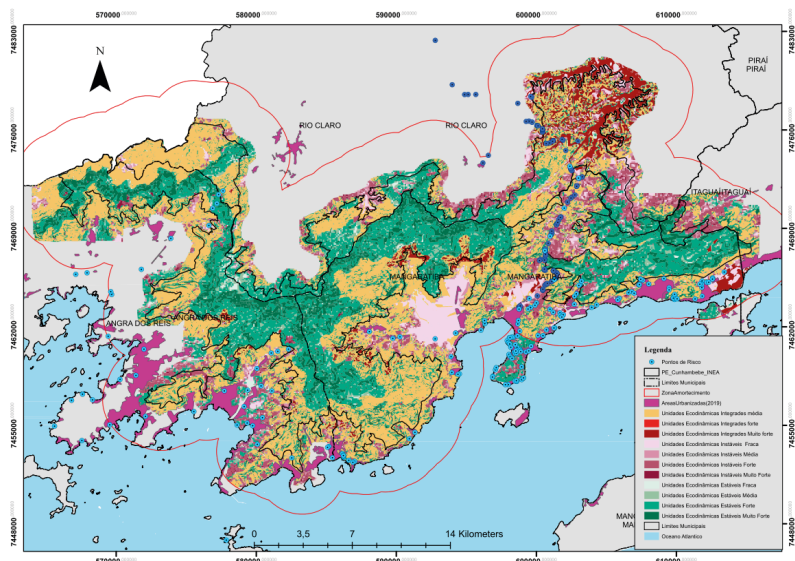


Figura 7 – Mapa de unidades ecodinâmicas estáveis, instáveis e intergrades

Fonte: Souza (2023)

CONCLUSÃO

A técnica de mapeamento por lógica nebulosa mostrou-se muito eficiente no mapeamento das unidades ecodinâmicas intergrades. Existe uma série de funções estatísticas que combinadas com as técnicas de produção de dados geoespaciais podem proporcionar o desenvolvimento de análises geoestatísticas revelando comportamentos da população em conjunção com o espaço geográfico. As respostas em relação às técnicas foram bastante satisfatórias, mostrando que a lógica booleana é suficiente para mapear classes estáveis e instáveis, mas insuficiente para mapear classes intergrades, acarretando ocultamento parcialmente dessas classes nas demais faixas.

Sobre a Região da Costa Verde, foi visto que considerando a fragilidade em relação aos aspectos geológicos, geomorfológicos e dos solos, a Serra do Mar pode ser considerada uma grande área de risco ambiental. Portanto, a ocupação ou mudanças que interfiram no equilíbrio dinâmico podem facilmente se converterem em áreas de desastres.

Em relação aos pontos de acidente ou desastres, observou-se que estes se concentram predominantemente na faixa de unidades ecodinâmicas intergrades e unidades ecodinâmicas instáveis, mostrando que essas áreas precisam ser monitoradas constantemente. Entretanto, vale ressaltar que dependendo do volume de chuva, as áreas mais frágeis que estão dentro de unidades ecodinâmicas estáveis, que geralmente ficam a montante da área montanhosa, podem deflagrar movimentos de massa severos e o material carregado que vão atingir diretamente a população assentada na encosta e no sopé da montanha. O desastre da Região Serrana e do Litoral norte de São Paulo, representam esse tipo de evento.

Por fim, cabe acrescentar a importância do papel dos gestores públicos municipais no que se refere a implementação do plano municipal de gestão de risco e o desenvolvimento de mecanismos de monitoramento e planejamento para que essas áreas, principalmente das encostas, não sejam ocupadas assim como o controle das atividades agropastoris, instalação de empreendimentos de infraestrutura viária, hoteleira, indústrias que subtraem a cobertura vegetal convergindo para a aceleração dos processos erosivos. É muito importante investir em obras de contenção nas áreas que já se encontram em situação de risco e principalmente de perigo, remover a população vulnerável que está assentada nas áreas de risco e disseminar a educação ambiental a fim de aguçar a percepção e promover a redução dos riscos.

Em relação aos estudos de risco ambiental, considera-se que o mapeamento de fragilidade ambiental e das unidades ecodinâmicas podem ser integrados aos estudos preditivos de áreas de risco em escala regional, reforçando a necessidade de compreender o todo para entender a motivação dos eventos pontuais. Alinhado ao conceito de bacia de risco, entende-se que os desastres não ocorrem de forma pontual em escala local, mas os processos que compõe o tripé (risco, perigo e crise), ocorrem de forma sistemática, em um ambiente com características bióticas e abióticas semelhantes. As análises de risco ambiental quando investigada apenas em escala local, não mostram áreas de risco, mas apenas as áreas de desastres, ou seja, quando a situação já se agravou e avançou para o estado de perigo e se instalou a crise. O estudo de risco ambiental, apoiado no conceito de bacia de risco, envolve uma investigação do risco de forma holística considerando minimamente os fixos e fluxos do território, as características da população e os aspectos do meio físico. Deste modo, entende-se que os estudos precisam ampliar para escalas regionais com uma visão preditiva dos desdobramentos para a escala local, já que a análise regional antecede a análise local.

Neste aspecto, considera-se que as técnicas de mapeamento de risco ainda precisam avançar muito para atender as necessidades reais. Verifica-se também que na maioria das vezes o mapeamento refere-se ao acidente já ocorrido e não mostrando os locais onde podem desencadear novos acidentes. Atualmente, observa-se que houve avanços significativos no sistema de sirenes associados a condições meteorológicas e também nos mapeamentos da vulnerabilidade social que se baseiam em dados socioeconômicos. Importantíssimo destacar a pesquisa do Censo Demográfico 2022, que tratará dados atualizados sobre a população brasileira, nos permitindo criar mapas de risco e vulnerabilidades atualizadas.

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado do Rio de Janeiro, em especial, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pela formação nos cursos de mestrado, acadêmico e doutorado. Ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA) por ter disponibilizado todos os dados possíveis para desenvolver essa pesquisa e ao apoio aos levantamentos de campo. Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) no qual o papel de pesquisadora é exercido.

REFERÊNCIAS

Ab'Saber. A. (2003). **Os Domínios de Natureza no Brasil. Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo Ateliê Editorial. 1ª edição.

Abreu. M.(2006). **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2006. IPP- Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos. 30 páginas.

Banco Mundial. (2012). Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro. (**Relatório**) – Janeiro de 2011. Brasília.

Bertone, P; Marinho, C. (2013). Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais: A visão do Planejamento. In: VI CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA. (**Relatório Técnico**). Brasília, 2013.

BRASIL(2012). **Lei 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINCDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC**. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acessado em junho/2015.

BRASIL(2018). **Portaria Nº 2085/2018/SEI-MCTIC de 16 de Abril de 2018 Dispõe sobre a propriedade e a gestão de direitos relativos à Propriedade Intelectual e de Inovação no âmbito do Centro Nacional de Monitoramento a Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN delega competências e dá outras providências**. Disponível em: < http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/portaria_n_2085_2018.pdf>. Acessado em junho/2015.

Brito, F. (2016). O deslocamento da população brasileira para as metrópoles. **Estudos Avançados**. Ed. Scielo [online].v. 20, n. 57, p. 221-236, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-0142006000200017>. Acesso em: 25 out. 2015.

CPRM.(2014). Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Portal de projetos. **Cartas de risco**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/>. Acesso em: ago. 2014.

Faugères. L. (1990). **La dimension des faits et la Théorie du risqué. Le Risque et la Crise**. Malta: Foundation for International Studies, p. 31-60.

_____(1991). **La géo-cindynique, géociencia du risque**. Bulletin del'Associationde Géographes Francais, Paris, n. 3, p. 179-193.

Giddens, A. (1991). **As consequências da modernidade**. São Paulo: Ed. UNESP.

Guivant, S. J.(2001). A teoria da sociedade de risco de Ulrich Beck: entre o diagnóstico e a profência, **Revista Brasileira de Informações Bibliográficas**, ANPOCS, p. 95-112.

IBGE.(2023). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades @**. Rio de Janeiro, Maio. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=33&search=rio-de-janeiro>. Acesso em: 28/03/2023.

INEA(2014). Instituto Estadual do Ambiente. **Unidades de Conservação. Parque Estadual Cunhambebe**. Disponível em: www.inea.rj.gov.br/agendas/biodiversidadedeareasprotegidas/unidadesdeconservacao/INEA_008597. Acesso em: 15 out. 2014.

ITPA(2008). Instituto Terra de Preservação Ambiental. Plano de Manejo do Parque Estadual Cunhambebe. **(Relatório)** Rio de Janeiro, 2008.

Kawakubo, F. S. (2006) et al. Caracterização Empírica da Fragilidade Ambiental Utilizando Geoprocessamento. In: **Simpósio de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, 2006. Anais. Goiânia, 2006. p. 2203-2010. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltd.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2011.

Lourenço (2007). Riscos naturais, antrópicos e mistos. Território, **Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança**, Lousã, n. 14, p.107-111, 2007. Disponível em: http://www.w.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T14_artg/T14NNR01.pdf.

Lourenço. L (2014). Risco, Perigo e Crise. Trilogia de base na definição de um modelo conceptual-operacional. In book: **Realidades e desafios na gestão dos riscos - Diálogo entre ciência e utilizadores**. Chapter: VI. Editors: NICIF

Moreira, F. R. et al.(2014). **Inferência Geográfica e Suporte a Decisão**. In: Camara, G.; Davis, C.; Vieira, A. M. (Org.) Introdução a Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: DPI (INPE), 2014. Ribault, M., Martinet, B., & Lebidois, D. (1995). A gestão das tecnologias (Coleção gestão & inovação). Lisboa: Publicações Dom Quixote.

O Globo. Acervo O Globo (2010). Matutina. **Na virada do ano, temporal causa 53 mortes em Angra dos Reis** Rio de Janeiro, Janeiro. Disponível em: <https://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/na- virada-do-ano-temporal-causa-53-mortes-em-angra-dos-reis-9244851>. Acesso em 20/06/2016.

_____. Acervo O Globo (2011). Rio. **Temporal na Serra do Rio deixa mais de 900 mortes**. Disponível em: <http://acervo.oglobo.globo.com/rio-de-historias/temporal-na-serra-do-rio-deixa-mais-de-900-mortos-35-mil-desabrigados-8933484>. Publicado Jul. 2011. Acesso em:14 mai. 2016.

_____. Acervo O Globo (2022).Rio. **Chegada do verão reacende medo de nova tragédia da chuva em Petrópolis**.Rio de Janeiro, Janeiro. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/noticia/2022/12/ chegada-do-verao-reacende-medo-de-nova-tragedia-da-chuva-em-petropolis.ghtml>. Acesso em 27/03/2023.

_____. Acervo O Globo (2023). Brasil. **Apos tragédia São Sebastião tenta evitar que moradores voltem a áreas de risco**. Rio de Janeiro, Janeiro. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/Brasil/ noticia/2023/02/apos-tragedia-sao-sebastiao-tenta-evitar-que-moradores-voltem-a-areas-de-risco.ghtml> Acesso em 27/03/2023.

Ratcliff, D. A.(1971). Criteria for the solution of nature reserves. **Advancement of science**.

Rebelo. F.(1999). A teoria do risco analisada numa perspectiva geográfica. **Cadernos de Geografia. Coimbra**, n. 18, p. 3-13.

Ross, J. L. S.(2000). Geomorfologia Aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

_____.(2009). Ecogeografia do Brasil: **Subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de textos. 2009.

Spörl, C. (2001). **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. 165f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

Seabra, V.S; Cruz, C.B.M (2014). O uso de sensoriamento remoto na avaliação dos estados dinâmicos da paisagem da bacia hidrográfica do Rio São João. **Revista Brasileira de Cartografia** (2014) N° 66/2: 303-320. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936.

Souza, K.R.G (2017). **Análise de risco ambiental na Serra do Mar. O caso do Parque Estadual Cunhambebe (PEC) e Entorno**. 324f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, SP, Brasil.

Tricart, J.(1977). **Ecodinamica**. Rio de Janeiro: Supren, 1977. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2017.

UN-ISDR.(2015). United Nations Office for Disaster Risk. Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. (**Relatório**). New York and Geneva: UN, 2004. Disponível em: http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf. acessado em: 20/01/2015.

Veyret, Y. (2007).Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. In: **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Ed. Contexto.