

RISCO NATURAL DOS SOLOS DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

NATURAL RISK OF SOIL OF MOSSORÓ MUNICIPALITY, RIO GRANDE DO NORTE STATE, BRAZIL

Alfredo Marcelo GRIGIO¹, Nedson Danildo da FONSECA¹, Marco Antonio DIODATO², Antonio Conceição PARANHOS FILHO³, César Claudio CÁCERES ENCINA³

¹Departamento de Gestão Ambiental, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN. Mossoró (RN), Brasil.
Emails: alfredogrigio@uern.br; nedsondanilobrasil@hotmail.com

²Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA. Mossoró (RN), Brasil.
Email: diodato@ufersa.edu.br

³Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - UFMS, Campo Grande (MS), Brasil. Emails: antonio.paranhos@pq.cnpq.br; ccaceres.encina@gmail.com

Introdução
Material e Métodos
Resultados e discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - O Município de Mossoró, RN, apresenta constante transformação de sua paisagem, tendo em vista sua dinâmica econômica, suas contradições sociais e consequentes impactos sobre o meio físico e biótico. Portanto, este trabalho tem como objetivo mapear os riscos naturais do município, através de levantamento das características da pedologia local e do cruzamento desses dados com a vulnerabilidade natural para gerar o mapa de risco natural. Foram classificadas e descritas quatro classes de grau de risco. Vale ressaltar a inexistência da classe de risco nulo. A classe de risco natural com maior área foi a moderada, com 69,26% do total, por apresentar solos com desvios moderados e que devem ser explorados com precaução. As classes de risco natural alto e muito alto aparecem em menor percentual, 2,46% e 3,13%, respectivamente. Assim, o território estudado, em geral, permite uso para diversos fins intensivos, mas existem áreas que necessitam de gerenciamento eficaz dada suas condições de instabilidade.

Palavras-chave: Vulnerabilidade natural; Solos; SIG.

ABSTRACT - The Mossoró municipality, in Rio Grande do Norte state, presents constant transformation of its landscape, due its economic dynamics, its social contradictions and the consequent impacts on the physical and biotic environment. Therefore, this study aims to map the natural hazards of the region, through a data collection of the local pedology characteristics and by the intersection of these data with the natural vulnerability to generate the natural risk map. Were classified and described four classes of degree of risk. It is worth noting the absence of zero risk class. The natural risk class with the largest area was moderate (69.26%), which has soils with moderate deviations and should be explored with caution. The natural risk classes high and very high appear in lower percentage, 2.46% and 3.13%, respectively. Thus, the area studied, in general, allows use for various intensive purposes, but there are areas that require efficient management of their conditions of instability.

Keywords: Natural vulnerability; Soils; GIS.

INTRODUÇÃO

No contexto atual a humanidade convive em uma sociedade margeada de riscos, sobretudo em países que ainda não conseguiram desenvolver a chamada cultura de segurança e, nos quais, a implementação de políticas públicas eficazes ainda anda a passos lentos. Assim, convive-se com risco aos mais variados tipos de acidentes, sejam eles provenientes de processos sociais, tecnológicos ou até mesmo naturais.

Deve-se sempre ter em mente que não existe a possibilidade da convivência com o risco zero, entretanto é possível se trabalhar com ações que previnam acidentes, estabelecendo-se critérios de segurança aliados a contínuos monitoramentos, assim como estabelecendo planos de mitigação de acidentes ou catástrofes.

Nos últimos anos, apesar do salto

significativo na esfera técnico-científica sobre a análise e controle dos riscos, ainda é persistente a controvérsia quanto sua utilização ou prática.

A começar, não se tem ainda no Brasil órgãos eficientes e com funções específicas para se criar e por em prática políticas que possam prevenir desastres ambientais, assim como tratar os acidentes ocorridos. Este problema é ainda mais grave no âmbito dos municípios, pois o planejamento e a gestão ambiental municipal ainda enfrentam grandes desafios, apesar de ser assegurada sua autonomia perante o pacto federativo.

Diversos fatores contribuem para esta situação, a começar pela falta de prioridade de investimentos em órgãos ambientais, incluindo equipamentos e profissionais capacitados. Outro fator é a falta de instrumentos de

implementação e fiscalização da efetividade das políticas públicas, além da própria legislação ambiental, que é muito ampla e apresenta diversas lacunas do ponto de vista de sua eficácia.

Um elemento de estrita importância é a utilização de informações referentes aos vários riscos, bem como seus níveis de tolerância no momento das tomadas de decisão, tanto na hora de prevenir como na de remediar os problemas existentes. Daí a importância de se basear em estudos científicos desenvolvidos com ferramentas corretas, tanto pelas universidades como por órgãos de pesquisa especializados.

Um das principais ferramentas utilizadas na gestão dos riscos são as geotecnologias, principalmente as que conseguem espacializar os fenômenos, permitindo melhor análise. Estas permitem coleta, armazenamento e análise de grande quantidade de dados que devido à complexidade das catástrofes, seria muito difícil serem feitas a partir de técnicas tradicionais. Estas ferramentas permitem produção de informações em curto tempo aliado a baixo custo, além de possibilitar interações existentes entre diversas variáveis (Marcelino, 2008).

A partir de preceitos teóricos associados ao geossistema e em consonância com os problemas ambientais, o uso dessas técnicas é fortemente utilizado em análises ambientais, que compreendem estudos como: diagnósticos, zoneamentos, avaliações de impactos, manejo e planejamento de recursos naturais (Sales, 2004). Portanto, o uso dessas tecnologias é uma ferramenta importante em todas as fases da gestão de riscos, desde a prevenção, passando pela resposta, até a recuperação. Em Mossoró,

Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, este tipo de estudo ganha ainda mais importância quando se leva em consideração a interação entre elementos de diversos setores econômicos e sociais convivendo em um mesmo território: indústrias petrolífera, salinera e eólica, carcinicultura, agricultura de larga escala, extração mineral de argila e calcário, além da forte pressão sobre o meio ambiente exercida por uma urbanização sem planejamento. Além disso, se deve levar em conta que todos estes elementos se assentam em uma região de clima semiárido, de natureza bastante vulnerável, localizado no baixo curso do Rio Apodi-Mossoró, uma das principais bacias hidrográficas do Estado, a qual enfrenta sérios problemas decorrentes do mau uso e manejo do solo e dos demais recursos naturais que a compõe.

Nesta acepção, sinaliza-se a importância desse estudo, uma vez que o município supracitado passa por constante transformação de sua paisagem, tendo em vista sua dinâmica econômica, suas contradições sociais e consequentes impactos sob o meio físico e biótico, podendo ser um dos elementos basilares para estudos que possam resultar no desenvolvimento de ações públicas mais expressivas, de modo a fortalecer a gestão ambiental local.

Dessa maneira, objetivou-se mapear e analisar os riscos naturais do solo do Município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, levando em consideração as características pedológicas locais, o qual se alcançou pelo cruzamento de dados da pedologia local com o mapeamento da vulnerabilidade natural do município em questão.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Município de Mossoró, que se localiza no extremo oeste do Estado do Rio Grande do Norte, na mesorregião Oeste Potiguar e na microrregião Mossoró (Figura 1). Faz limite com os municípios de Tibau, Grossos, Areia Branca, Serra do Mel, Assú, Upanema, Governador Dix-Sept Rosado, Baraúnas e o Estado do Ceará. A sede do município possui uma altitude média de 16 m s.n.m., nas coordenadas 05°11'16,8" de latitude Sul e 37°20'38,4" de longitude Oeste e está localizada a uma

distância de 277 Km de Natal, capital do Estado (Beltrão, 2005).

De acordo com o censo de 2010, a população do município é de 259.815 habitantes, dos quais 237.241 (91,31%) se assentam na zona urbana e 22.574 (8,69 %) na zona rural. Sua superfície é de 2.099,3 Km², com densidade demográfica 123,76 hab/km². O município apresenta um IDH de 0,735, sendo o sexto maior do estado. Na economia se destacam as atividades agropecuárias, extrativismo de petróleo, gás

natural, sal e mais recentemente campos eólicos, além dos setores de serviços, como o comércio (IBGE, 2010).

A área estudada se localiza no clima tropical semiárido, apresentando baixa e irregular quantidade de chuva, com secas prolongadas em decorrência da ausência de penetração de massa de ar úmida. O Município de Mossoró

apresenta uma precipitação pluviométrica anual girando em torno de 700 mm e observada de 765 mm, sendo que o período mais chuvoso vai de fevereiro a abril. A temperatura média anual é de 27,4°C, com máxima de 36,0°C e mínima de 21,0°C. A umidade relativa média anual do ar é de 70 % e apresenta 2.700 horas de insolação (IDEMA, 2008).

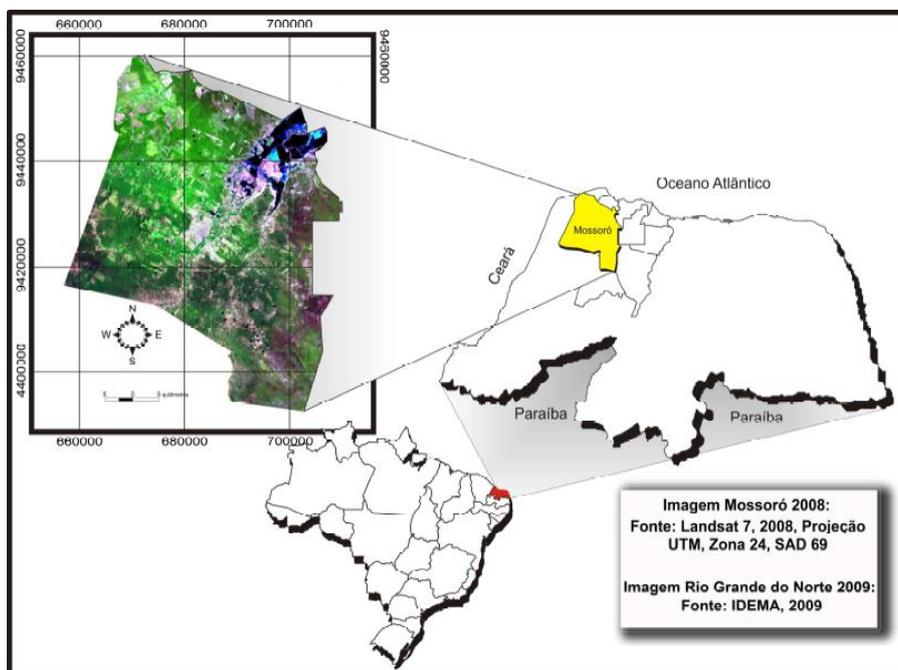


Figura 1 - Localização do município de Mossoró, RN, Brasil.

A vegetação encontrada nessa região é a Caatinga, que se caracteriza pela grande presença de espécies que são caducifólias, espinhosas e que apresentam troncos retorcidos, entretanto é possível perceber algumas variações dentro desse grupo vegetacional: Caatinga Arbórea Aberta sem Palmeira; Caatinga Parque com Palmeira; Caatinga Arbustiva Aberta com Campo; Influência Fluviomarinha e Herbácea (Grigio & Diodato, 2011).

O método utilizado para o mapeamento do Risco Natural do Município de Mossoró foi o proposto por Souza et al. (2006). Os autores disponibilizam um procedimento metodológico para a Classificação do Risco Ambiental das Terras que se adequam bem a esse trabalho.

O primeiro momento da pesquisa compreendeu a pesquisa bibliográfica, acompanhado da análise de documentos cartográficos e demais dados pedológicos existentes no Plano Diretor de Desenvolvimento de Mossoró-RN (Mossoró, 2006), Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981) e Sistema Brasileiro de Classificação de Solos,

proveniente da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) (Figura 2).

Na segunda etapa foram realizados os cruzamentos de dados dentro de ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O Software utilizado na criação e confecção dos mapas foi o ArcGis 10.1 (Esri, 2010).

Como categoria de análise do Risco Natural do Município de Mossoró optou-se pelo uso do Mapa de Vulnerabilidade Natural, com base na metodologia proposta por Tricart (1977), e já desenvolvido para o referido município pelo Núcleo de Estudos Socioambientais e Territoriais (NESAT) (Moura et al., 2011), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). De acordo com Tricart (1977) os ambientes morfologicamente estáveis são os que se encontram com vegetação fechada (capaz de frear as ações do desencadeamento dos processos mecânicos), dissecações moderadas, vertentes de lenta evolução (com ausência de violentos cursos d'água) e ausência de manifestações vulcânicas, caracterizando-se então condição essencial para uma boa

pedogênese.

O espaço de transição entre uma zona estável e instável recebe o nome de intergrade e caracteriza-se por apresentar concorrentemente em um mesmo espaço a interferência da morfogênese e da pedogênese. Em se tratando dos meios instáveis, este acontece em áreas

onde existe maior predominância da morfogênese, ou seja, áreas onde o modelado é esculpido continuamente sejam por agente endógeno, como um derramamento de lava, por exemplo, ou exógeno, como as ações da dinâmica do litoral, dos rios ou até mesmo de áreas mais declivosas.

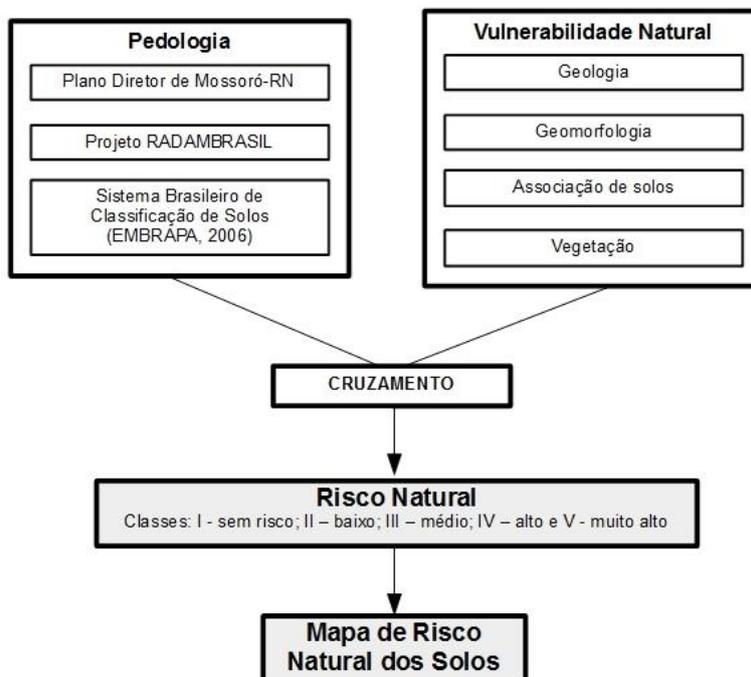


Figura 2 - Roteiro metodológico sucinto da pesquisa.

O Mapa de Vulnerabilidade Natural consiste no cruzamento das cartas temáticas de geologia, geomorfologia e associação de solos, a partir da estabilidade em relação à morfogênese e à pedogênese (Tricart, 1977), e vegetação, a partir da estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão e a biodiversidade (Grigio, 2003, 2008), resultando em um mapa que apresenta a vulnerabilidade natural dividida em cinco classes de vulnerabilidade para o referido município. A categorização das classes de vulnerabilidade se baseou em aspectos similares aos adotados por Grigio (2003). Após os cruzamentos dos mapas temáticos citados anteriormente calcularam-se as médias aritméticas dos valores de classes de vulnerabilidade, variando de: Sem classificação (para valores abaixo de 1); Muito baixa (faixa de 1 a 1,3); Baixa (1,4 a 1,7); Média (1,8 a 2,2); Alta (2,3 a 2,5) e Muito alta (maior ou igual a 2,6).

Posteriormente, as classes de vulnerabilidade foram categorizadas em Classes de Risco Natural. A determinação da classe foi feita considerando o conjunto dos critérios proposto por Souza et al. (2006) para o mapa de solos e

diagnósticos das características físicas do ambiente natural, que se constituem nos aspectos ambientais levantados. O mapeamento das classes foi efetuado essencialmente sobre uma base cartográfica, com uma delimitação preliminar em áreas homogêneas. Os dados foram interpretados, classificando-se cada uma das áreas descritas em uma das seguintes Classes de Risco Natural: I - Áreas sem risco ambiental aparente; II - Áreas de risco ambiental baixo; III- Áreas de risco ambiental médio; IV - Áreas de risco ambiental alto; e V- Áreas de risco ambiental muito alto.

Ainda, essas classes foram subdivididas em subclasses, que se referem aos aspectos, que passam a compor os fatores de risco ambiental, e que oferecem o impedimento de maior grau de risco, relacionado às características intrínsecas ou extrínsecas e que afetarão também seu comportamento em relação ao uso e ocupação do solo. É designada por letras que identificam um ou mais dos cinco aspectos ambientais considerados e que representam a natureza das limitações, a saber: PR – profundidade, TE – textura, DR – drenagem,

RE – relevo e IN - Inundação. Para cada atributo foram atribuídos os seguintes valores de risco: 1 – nulo, 2 – ligeiro, 3 – Moderado, 4 – Forte, 5 – Muito forte. Nos casos de variação dentro de um mesmo atributo, optou-se por adotar a classe de maior risco e nos casos de associações de solo levou-se em conta o primeiro solo associado.

Em relação à profundidade (PR), o critério para classificação teve como base as informações apresentadas pelo Sistema de Classificação de Solos Brasileiros (Embrapa, 2006). Com relação à classificação do grau de risco desse atributo, partiram-se do princípio que os solos que apresentam maior profundidade estão menos vulneráveis aos riscos ambientais, em virtude de apresentar um maior desenvolvimento. Em contrapartida, os solos menos profundos estão mais susceptíveis aos mais variados riscos ambientais.

Para a classificação da textura dos solos (TE) optou-se pelo uso das características dos solos do Rio Grande do Norte apresentada por Nunes (2006). Os critérios foram os seguintes: 1 – Nulo: compreende solos que possuem composição granulométrica formada por argila, onde suas partículas tendem a se agregar; 2 – Ligeiro: apresenta solos que possuem composição granulométrica formada por areia e argila; 3 – Moderado: são solos formados pela composição de areia e cascalho; 4 – Forte: compreende as classes texturas de areia ou areia franca, caracterizado por infiltração muito rápida e 5 – Muito Forte – apresenta predomínio de material cascalhento resistentes ao intemperismo.

Para classificar os critérios de drenagem (DR), tomou-se como base a classificação proposta pelo Sistema de Classificação de Solos Brasileiros (Embrapa, 2006): 1 – Nulo: excessivamente drenado - a água é removida do solo muito rapidamente, o material do solo tem elevada porosidade e permeabilidade, sendo comum aos solos com esta classe de drenagem a textura arenosa; 2 – Ligeiro: fortemente/acentuadamente drenado – a água é removida rapidamente do perfil, a textura dos solos variam de média argilosa a arenosa, podendo apresentar alta porosidade; 3 – Moderado: bem drenado – a água é removida rapidamente do solo com facilidade, porém não rapidamente, comumente os solos apresentam textura

argilosa ou média; 4 – Forte: moderadamente drenado – a água é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena, porém significativa parte de tempo e 5 – Muito Forte: mal/ muito mal drenada – a água é removida do perfil tão lentamente que este permanece molhado em grande ou maior parte do ano. Geralmente ocupam áreas planas ou depressões.

Para o atributo relevo (RE), a classificação dos solos usada foi a de Nunes (2006), no entanto a descrição das classes de relevo foi baseada em Embrapa (2006): 1 – Nulo: Plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis $\leq 3\%$; 2 – Ligeiro: Suave Ondulado – há variação entre característica de relevo plano e ondulado, com declividade que pode variar de 3% a $\leq 8\%$; 3 – Moderado: Ondulado – superfície de topografia movimentada, apresentando declividades moderadas, predominantemente variáveis $> 8\%$ a $\leq 20\%$; 4 – Alto: Forte Ondulado – superfície de topografia movimentada, com declives fortes, predominantemente variáveis $>20\%$ a $\leq 45\%$ e 5 - Muito Alto: Montanhoso – superfície de topografia vigorosa, apresentando desnivelamentos relativamente fortes e muito fortes, predominantemente variáveis de $>45\%$ a $\leq 75\%$.

A classificação do atributo inundação (IN) foi realizada através da análise visual do “shape” da hidrografia sobre o de solos e associação de solos. Assim, foi possível observar as áreas mais ricas em corpos hídricos superficiais e comparar com algumas características particulares de cada solo como relevo, drenagem e textura e, em seguida, foram enquadrados dentro da classificação por grau de risco: 1 – Nulo: Sem Propensão – ausência de corpos hídricos ou em proporções insignificantes; 2 – Ligeiro: Leve Propensão – pouca presença de corpo hídrico, solo arenoso, relevo ondulado, boa drenagem ou excessivamente drenado; 3 – Moderado: Média Propensão - presença de corpos hídricos, solo arenoso ou arenoso/argiloso, relevo suavemente ondulado, drenagem moderada a boa drenagem; 4 – Forte: Propenso – presença de corpos hídricos, solo arenoso, drenagem moderada a mal drenada e 5 – Muito Forte: Muito Propenso – presença de corpos hídricos, solo argiloso ou arenoso/argiloso, relevo plano, drenagem

moderada, mal drenada ou muito mal drenada.

No mapa de solos e associação de solos foi feita uma reclassificação, onde para cada classe de solo foram criadas colunas para os seguintes atributos pedológicos, a saber: PR – profundidade, TE – textura, DR – drenagem, RE – relevo e IN – Inundação. Para cada característica foi atribuído graus de risco que variaram de 1 a 5, de acordo com as classificações feitas anteriormente. Após esta preparação, executou-se a intersecção dos mapas de solos/associação de solos com o de vulnerabilidade natural. Para tanto, utilizou-se o módulo “geoprocessing” do programa ArcGis 10.1, com a operação intersecção de dois temas. Essa operação corta um tema de entrada com elementos vetoriais, a partir de um tema de sobreposição, para produzir um tema de saída com elementos vetoriais que tenham dados de atributos de ambos os temas.

Ao final, foi realizada uma consulta no mapa, produto gerado pela intersecção dos dois temas, e criado uma legenda conforme os atributos adotados para a geração de um mapa de risco natural dos solos de Mossoró com uma legenda autoexplicativa, para facilitar a sua interpretação.

Os cinco graus de risco obedecerão aos conceitos abaixo:

RISCO CLASSE I - Áreas sem risco natural aparente: pressupõe que os graus de risco natural diagnosticados são nulos.

RISCO CLASSE II - Áreas de risco natural baixo: são terras com limitações ligeiras que, com práticas simples de manejo de solo, poderão ser utilizadas para uso intensivo, bem como para a disposição final de resíduo líquido.

RISCO CLASSE III - Áreas de risco natural médio: com uma ou mais limitação moderada, necessitam de práticas complexas de manejo de solo para serem utilizadas com uso intensivo. Devem ser utilizadas com precaução.

RISCO CLASSE IV - Áreas de risco natural alto: apresentam pelo menos um grau de risco natural forte ou um conjunto de três ou mais aspectos com grau de risco natural moderado. Somente podem ser utilizadas com uso intensivo ou para aplicação de dejetos líquidos em casos especiais, dependendo de suas características e das medidas mitigadoras propostas.

RISCO CLASSE V - Áreas de risco natural muito alto: se apresentam com algum risco natural muito forte ou conjuntos de riscos naturais fortes, tendo geralmente como vocação o uso de silvicultura com práticas conservacionistas ou, em casos extremos, à preservação permanente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de realizado o cruzamento das classes centrais de risco, através do mapa de Vulnerabilidade Natural, com os atributos pedológicos - profundidade, textura, drenagem, relevo e inundação – pode-se constatar a distribuição dos Riscos Naturais existentes no Município de Mossoró.

É importante salientar que as áreas correspondentes à zona urbana e corpos de água, não entram nessa classificação, pois necessitam de uma metodologia específica com escala de detalhamento cartográfico maior.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a área estudada encontra-se distribuída em quatro classes de Risco Natural, que variam do Risco II, considerado baixo com ligeiras limitações, até Risco V, com características mais limitantes de forte risco natural. Desse modo, a classe de Risco II corresponde a um total de 23,37 % da área estudada, somando pouco mais de 5.300 ha de superfície. A classe de Risco III se apresenta com um percentual de 69,26%, sendo a maior

classe e correspondendo a mais de 200.000 ha de superfície. No que concerne às classes IV e V, estas aparecem respectivamente com 2,46 e 3,13 %. As áreas não classificadas (zona urbana e corpos de água) correspondem a pouco mais de 1,5 %, totalizando 5.387,70 ha de superfície.

É conveniente chamar a atenção para a inexistência do Risco I na área em questão. De acordo com Souza et al. (2006) essa classe seria representada por solos localizados em região sem impedimento legal, com características intrínsecas e condições locais que não apresentariam riscos para uso intensivo, desde que usados dentro dos padrões conservativos adequados. Portanto, ideal para a disposição de efluentes e uso agrícola, pois não ofereceriam riscos de contaminar o meio com o escape de efluente e/ou agrotóxico através de perda por erosão, lixiviação ou perda direta a corpos de água. A formação dessa classe se daria por solos profundos, com boa drenagem, argilosos, com

baixo risco de lixiviação acelerada em relevo plano, o que não ocorre no município.

Com as demais classes de risco (II a V) foram feitas subdivisões detalhadas em cada uma delas (Tabela 2), que serviu de base para a elaboração do mapa do Risco Natural do Município de Mossoró (Figura 3). Esse detalhamento corresponde às variações

pedológicas ocorrentes dentro de uma mesma classe, por exemplo, a subclasse II PR1 TE1 DR4 RE1 IN4 e a II PR1 TE1 DR4 RE1, embora se classifiquem como risco natural II sofrem variações internas que, nesse caso, trata-se da inundação (IN), sendo considerado forte na primeira e nula na segunda, visto que não tem essa ocorrência nessa área.

Tabela 1. Classes de Risco Natural do Município de Mossoró, em hectare e percentual.

Classe	Área (ha)	%
Total Urbano/Corpo de água	5.383,70	1,78
Risco I	0,00	0,00
Risco II	70.773,64	23,37
Risco III	209.764,08	69,26
Risco IV	7.451,08	2,46
Risco V	9.481,07	3,13
Total	302.853,57	100,00

Tabela 2. Detalhamento das Classes de Risco Natural do Município de Mossoró-RN. PR: profundidade; TE: textura do solo; DR: drenagem; RE: relevo; IN: inundação. Valores de risco: 1 – nulo, 2 – ligeiro, 3 – Moderado, 4 – Forte, 5 – Muito forte.

Classe / Subclasse	Área (ha)	%
ÁREA URBANA E CORPOS DE ÁGUA		
Urbana	3.742,00	69,51
Corpos de Água	1.641,70	30,49
Total Urbana/Corpos de Água	5.383,70	100,00
RISCO II		
II PR1 TE1 DR4 RE1 IN4	7.023,62	9,92
II PR1 TE1 DR4 RE1	1.405,52	1,99
II PR2 TE3 DR4 RE1 IN5	20.461,26	28,91
II PR3 TE2 DR3 RE2 IN1	1.546,27	2,18
II PR3 TE2 DR4 RE2 IN3	36.211,11	51,16
II PR3 TE2 DR4 RE2 IN5	9,77	0,01
II PR5 TE5 DR2 RE3 IN1	4.116,09	5,82
Total Risco II	70.773,64	100,00
RISCO III		
III PR1 TE1 DR4 RE1	10.747,43	5,12
III PR1 TE1 DR4 RE1 IN4	31.143,53	14,85
III PR2 TE3 DR4 RE1 IN5	75.005,34	35,76
III PR3 TE1 DR5 RE1 IN5	85,40	0,04
III PR3 TE2 DR3 RE2 IN1	12.505,60	5,96
III PR3 TE2 DR4 RE2 IN3	75.512,43	36,00
III PR3 TE2 DR4 RE2 IN5	735,53	0,35
III PR5 TE5 DR2 RE3 IN1	4.114,22	1,96
Total Risco III	209.764,08	100,00
RISCO IV		
IV PR2 TE3 DR4 RE1 IN5	2.123,62	28,50
IV PR3 TE1 DR5 RE1 IN5	1.102,00	14,79
IV PR3 TE2 DR3 RE2 IN1	305,13	4,10
IV PR3 TE2 DR4 RE2 IN3	601,24	8,07
IV PR3 TE2 DR4 RE2 IN5	3.115,46	41,81
IV PR5 TE5 DR2 RE3 IN1	203,63	2,73
Total Risco IV	7.451,08	100,00
RISCO V		
V PR3 TE1 DR5 RE2 IN5	8.200,33	86,49
V PR3 TE2 DR3 RE2 IN1	60,6	0,64
V PR3 TE2 DR4 Re2 IN5	1.220,14	12,87
Total Risco V	9.481,07	100,00
TOTAL	302.853,57	100,00

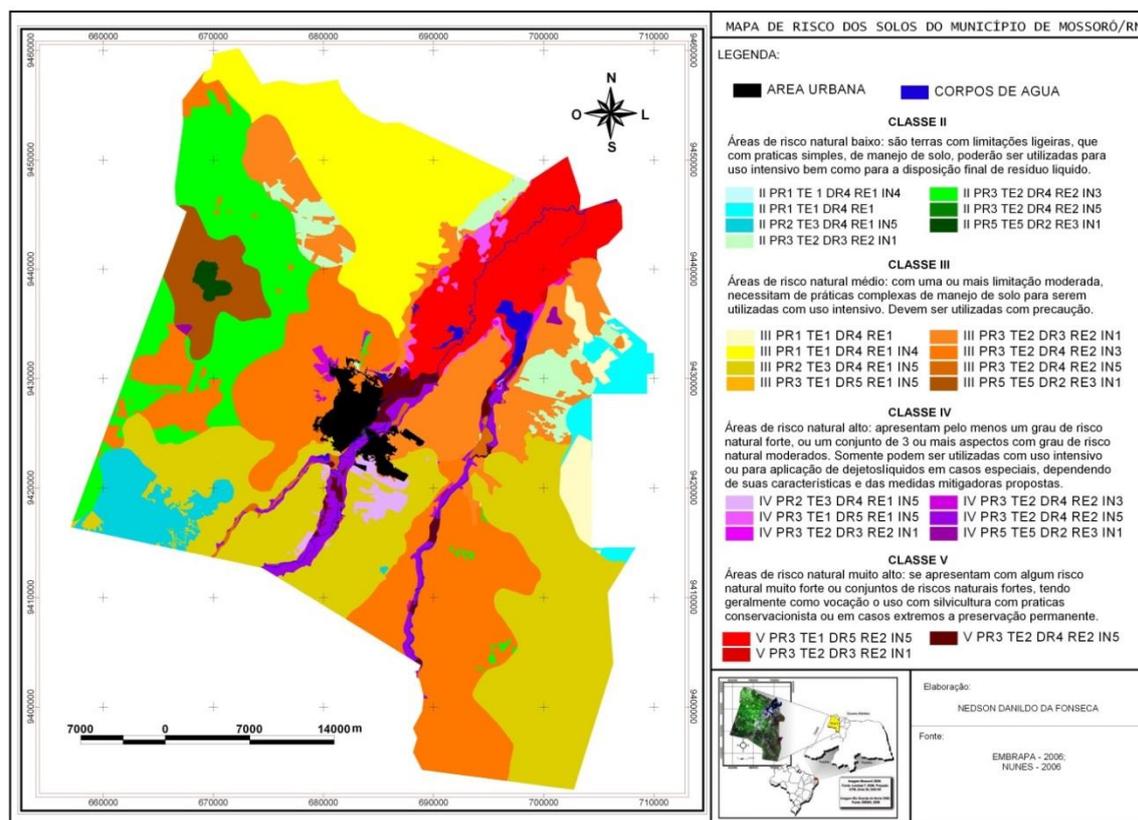


Figura 3 - Mapa de Risco Natural do Município de Mossoró, RN. PR: profundidade; TE: textura do solo; DR: drenagem; RE: relevo; IN: inundação. Valores de risco: 1 – nulo, 2 – ligeiro, 3 – Moderado, 4 – Forte, 5 – Muito forte.

Ainda dentro do detalhamento da classe de Risco II, pode-se afirmar a existência de sete subclasses. Esse grau de risco é considerado baixo, dadas às condições da pedologia local, permitindo seu uso para diversos fins intensivos.

Fazendo-se uma análise detalhada de sua pedologia observa-se a predominância de solos com maior grau de desenvolvimento, com a profundidade variando de 60 cm a mais de 2 m. De acordo com Nunes (2006), esse desenvolvimento decorre de fatores como clima e seres vivos atuando sobre o material de origem, sendo o tempo um fator relevante por definir, quanto à ação dos elementos já citados, a velocidade de desenvolvimento.

No que tange à textura, apenas uma subclasse ultrapassa a característica moderada, atingindo ao nível máximo TE5 (predomínio de material cascalhento resistente ao intemperismo). As demais, de TE1 a TE3, compreendem solos de composição granulométrica formada por argilas, areia e argila, areia e cascalho. No aspecto drenagem não foi observado à presença de risco nulo (Risco 1), nem de muito forte (Risco 5), portanto a variação foi de risco ligeiro (Risco 2), drenagem forte/acentuada, a risco forte

(Risco 4), moderadamente drenada.

No atributo relevo a variação foi pequena com predominância de plano (superfície de topografia esbatida ou horizontal e com declividade menor ou igual a 3 %) e suave ondulado (variação entre relevo plano e ondulado). No risco de inundação (RI), foi possível perceber a maior variância dessa classe de risco, indo desde nulo a até o grau máximo IN5 (muito forte). A presença de riscos menores nas demais subclasses contribuiu para que o grau de inundação não induzisse essa classe para um risco maior.

A geologia registrada nessas áreas é a Formação Barreiras, Depósitos Aluvionares e Formação Jandaíra. Esta última, de acordo com Grigio & Diodato (2011), representa a maior unidade geológica em superfície de Mossoró, apresentando um andamento sedimentar discordante recoberto por sedimentos recentes. Na geomorfologia, está presente a Superfície Pediplanadas - Formas Tabulares caracterizados por relevos e formações planas com pequenas ondulações.

A vegetação que compõe essa classe varia entre Caatinga Arbórea Aberta com Palmeiras e Arbustiva Aberta com Campos. Essa vegetação

mais arbórea proporciona mais peso ao solo provocando um aumento de sua estabilidade, culminando em um dos fatores que propiciam a pedogênese.

A classe de Risco III apresenta o maior percentual da área, cerca de 70%. Por sua vez, percebe-se a existência de oito subclasses, o maior número encontrado nesta pesquisa.

No que diz respeito ao atributo profundidade (PR), observa-se a predominância do Risco 3, denominado moderadamente profundo (60 - 120 cm). Há, ainda, a presença de PR1, PR2 e PR5. No aspecto textura, apenas uma subclasse apresenta característica de risco muito forte, apontando a predominância de cascalho. As demais subclasses acompanham uma distribuição que varia entre TE1, TE2 e TE3, arenosa, arenosa/argilosa e argilosa/cascalhenta.

As condições de textura dos solos estão diretamente ligadas ao tipo de pacote rochoso que lhes dá origem, portanto corrobora-se com Resende et al. (2007), quando ele afirma que os solos decorrentes de arenitos e granitos são arenosos. Já os que derivam de argilitos e calcários tendem a ser mais argilosos e compostos por materiais finos.

Excetuando duas subclasses, DR2 e DR3, o atributo drenagem apresenta uma homogeneidade entre os riscos forte (DR4) e muito forte (DR5), respectivamente, moderadamente drenada (a água é removida lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por tempo significativo) e mal/muito mal drenada (a água é removida do solo muito lentamente permanecendo boa parte do ano molhada).

O relevo dessa área acompanha a tendência de todo o município, com uma variação de relevo plano a suave ondulado. A unidade geomorfológica que a constitui é a superfície Pediplanada – Formas Tabulares. Em se tratando do risco de inundação (IN), registrou-se uma variação de IN1 a IN5, sendo que esses fatores não aumentaram o grau de risco dessa classe como um todo porque os outros atributos atenuam o resultado no momento do cruzamento.

A área do Risco III apresenta concorrentemente a interferência da pedogênese e da morfogênese, esta última na medida em que se aproxima da região litorânea. Essa concorrência seria o que Tricart (1977) denomina “intergrade”.

No que se refere à vegetação, essa área

apresenta variação de fisionomias que variam de Caatinga Arbustiva com Palmeira até a de influência Fluviomarinha Herbácea. Na geologia, é marcante a presença da Formação Jandaíra e da Formação Barreiras. Esta última tem sua idade compreendida entre o Terciário Superior e o Quaternário e se encontra presente em quase toda extensão das proximidades e do litoral norte do Estado (Souza Neto & Grigio, 2009).

Os solos com essas características apresentam desvios moderados e devem ser utilizadas com precaução, pois necessitam de práticas complexas de manejo de solo para serem utilizadas com uso intensivo.

O Risco IV se apresenta como a menor área dentre as classes apresentadas, abrangendo 7.451,08 ha, o equivalente a 2,26% da área analisada. No tocante às subclasses são seis no total. Em relação à profundidade quatro subclasses aparecem com grau de risco moderado (PR3), com profundidade que varia entre 60 e 120 cm. As outras duas subclasses são de risco ligeiro (PR2) e muito forte (PR5) que, respectivamente, apresentam profundidade que varia de 120 a 200 cm e de menos de 30cm.

No aspecto textura a predominância é a do risco ligeiro (TE2), sendo a maior dissonância desse quesito a presença de uma subclasse com risco muito forte, TE5 (cascalhento). Um dos aspectos de maior peso para justificar o Risco IV dessa classe central está na subclasse drenagem, com exceção de uma das subclasses (DR2), as demais estão acima do risco moderado (DR3 a DR5).

Nessa situação há três possibilidades para a drenagem da água e todas estas associadas ao tipo de textura já descrito anteriormente: 1) é removida rapidamente do solo com certa facilidade, comumente os solos apresentam textura argilosa ou média; 2) é removida do solo um tanto lentamente, de modo que o perfil permanece molhado por uma pequena, porém significativa parte de tempo, e por último, 3) a água é removida do perfil tão lentamente que este permanece molhado em grande ou maior parte do ano.

No quesito relevo apenas uma subclasse aparece acima do Risco 2, trata-se da RE3 – Moderado: ondulado – superfície de topografia movimentada, apresentando declividades que pode variar de $> 8\%$ a $\leq 20\%$). As demais variam entre RE1 e RE2; Plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os

desniveleamentos são muito pequenos, com declividades que pode variar de $\leq 3\%$ e; Ligeiro: suave ondulado – há variação entre característica de relevo plano e ondulado, com declividade que pode variar de 3% a $\leq 8\%$, respectivamente. Essas áreas são encontradas essencialmente nas proximidades de lagoas e na faixa que margeia o Rio Apodi-Mossoró e o Rio Angicos (Rio do Carmo), sendo sua geomorfologia a Planície Fluvial.

Esta unidade corresponde aos depósitos aluviais atuais e os correlativos que compõem os terraços e salões da planície do Apodi-Mossoró e de seu principal afluente, o Rio Angicos. Portanto, é uma área que se estende por todo o percurso do rio e resulta de acumulação fluvial (Grigio & Diodato, 2011). Outra característica dessa geomorfologia está diretamente ligada à subclasse seguinte que, dadas às condições anteriormente citadas está sujeita a periódicas inundações no período de cheia dos rios.

Esse fato se observa na subclasse inundações (IN), que apresenta predominância de risco acima do moderado (IN3), com um número maior de risco muito forte (IN5), três no total.

Nessas áreas, os processos de morfogênese atuam de modo mais intenso. Como corta todo o município, então, está presente em locais de estruturas geológicas diversas: Formação Barreiras, Depósitos Aluvionares, Formação Jandaíra e depósitos de Planícies e Canais de Maré.

Portanto, configura-se como uma área que deve ser usada com bastante cuidado, buscando a preservação de sua mata ciliar. Entretanto, segundo Rocha et al. (2009), esta paisagem apresenta considerável remoção vegetal, forte assoreamento do canal fluvial, inundações de suas várzeas nas áreas urbanizadas, poluição das águas por efluentes domésticos e industriais, erosão marginal de suas barrancas, bem como alteração do leito maior e menor.

Com relação ao Risco V, ele compreende uma área de 9.481,07 há (3,13 % da área analisada). Essa categoria é a que apresenta um menor número de subclasses de risco, apenas três no total.

A profundidade (PR) dos solos dessa área aparece com grau de risco moderado (PR3), com solos moderadamente desenvolvidos. A sua textura varia conforme a composição de

solos, que são os que possuem composição granulométrica formada por argila (TE1), onde suas partículas tendem a se agregar e, de solos que possuem composição granulométrica formada por areia e argila (TE2). Os aspectos descritos anteriormente são considerados bons. Se analisados separadamente essa classe não apresentaria Risco V, entretanto o quesito drenagem aparece como um dos agravantes.

A drenagem aponta graus de risco elevados, DR3, DR4 e DR5. No tocante ao relevo, tem-se unicamente o risco ligeiro (RE2), caracterizado por ser plano e apresentar algumas pequenas elevações em outras áreas. As unidades geomorfológicas desta composição são Planície Fluvial, em menor proporção, e planície Flúvio-Marinha. Nesta, por sua vez, a influência das marés é intensa, pois sua altitude, de 2 a 4 m, são muito baixas, fazendo com que a morfologia seja extremamente plana. Essa condição é um agravante para aumentar os riscos de inundações, aparecendo duas subclasses IN 5 (na Planície Flúvio-Marinha) e uma IN1 (na Planície Fluvial).

Esta área mais grave se encontra localizada mais ao norte do Município de Mossoró e está presente na desembocadura do Rio Apodi-Mossoró. Segundo Rochal et al. (2009) e Grigio & Diodato (2011) a vegetação dessa área é inexistente ou limita-se a espécies extremamente adaptadas, como os manguezais e as plantas halófitas.

A geologia da área é formada por Depósitos de Planícies e canais de Maré. De acordo com Nunes (2006), são característicos de ambientes estuarinos, onde a salinidade elevada do solo e o substrato lamoso plástico resultam da sedimentação flúvio-marinha, contendo restos de vegetais em decomposição.

Portanto, essa área apresenta vocação para pre-servação permanente ou, em casos extremos, o uso da silvicultura com práticas conservacionistas.

Entretanto, essas planícies apresentam uma densa ocupação por salinas e fazendas de carcinicultura, atividades econômicas importantes na região, que poderá gerar conflitos se houver a decisão pela conversão do uso e ocupação do solo.

CONCLUSÕES

De um modo geral, o Município de Mossoró encontra-se em uma boa situação do ponto de

vista dos riscos naturais de seus solos, apresentando 92,63% da sua área com risco

baixo a moderado. No entanto, essa situação não isenta a necessidade de gerenciamento dessas áreas. As áreas de risco alto e muito alto devem ser geridas com muita prudência, principalmente por se localizarem no rio Apodi-Mossoró e no seu estuário, caracterizando-se por uma maior instabilidade se comparado com o resto do município. O estuário corresponde à área mais vulnerável do município, no entanto, nela estão presentes importantes atividades econômicas de potencial degradador: petrolífera, salicultura e carcinicultura. Convém ressaltar, ainda, que nessas áreas os processos de morfogênese atuam de modo mais intenso esculpindo o relevo.

AGRADECIMENTOS

Os autores externam seus agradecimentos ao CNPq, pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL-MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - SECRETARIA-GERAL. **Projeto RADAMBRASIL**– Levantamento de Recursos Naturais, Folhas SB 24/25 (Jaguaribe/Natal), geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, v. 23, 744p., 1981.
- BELTRÃO, B.A.; ROCHA, D.E.G.A.; MASCARENHAS, J.C.; SOUZA JUNIOR, L.C.; PIRES, S.T.M.; CARVALHO, V.G.D. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de Mossoró**. Recife: Ministério de Minas e Energia, 2005. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/rgnorte/relatorios/MOSS089.PDF>>. Acesso em: 18 dez. 2012.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 306p., 2006.
- ESRI-ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. **ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.1**. Software, 2012.
- GRIGIO, A.M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. Natal, 2003. 253p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- GRIGIO, A.M. **Evolução da Paisagem do Baixo Curso do Rio Piranhas-Assu (1988-2004): Uso de Autômatos Celulares em Modelos Dinâmico Espacial para Simulação de Cenários Futuros**. Natal, 2008. 205p. Tese (Doutorado em Geodinâmica; Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- GRIGIO, A.M. & DIODATO, M.A. Dimensões físico-ambiental. In: PESSOA, Z.S.; GRIGIO, A.M.; FERREIRA, L.S.; CLEMENTINO, M.L.M. (Coordenadores). **Como anda Mossoró: análise da conjuntura sociourbana, ambiental e político-institucional**. Natal: UFRN, p. 98-124, 2011.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Senso Demográfico 2010**: Rio Grande do Norte, 2010. Disp. em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=24>. Acessado em: 15fev2013.
- IDEMA-INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Perfil do seu município**. Natal. v. 10, 24p., 2008.
- MARCELINO, E.V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno didático n. 1, Santa Maria: INPE, 40p., 2008.
- MOSSORÓ - PREFEITURA MUNICIPAL. **Plano Diretor de Desenvolvimento de Mossoró-RN**. Mossoró: Prefeitura Municipal de Mossoró, RN, 192p., 2006.
- MOURA, S.R.F.; GRIGIO, A.M.; DIODATO, M.A. Mapeamento e Análise da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Mossoró. In: CARVALHO, R.G. **Gestão Ambiental: Estudos Aplicados à Região da Bacia do Rio Apodi-Mossoró**. Mossoró: UERN, 202p., 2011.
- NUNES, E. **Geografia Física do Rio Grande do Norte**. Natal: Imagem Gráfica, 114p., 2006.
- RESENDE, M.; CURÍ N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G.F.; KER, J.C. (Coords). **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. Lavras: Editora UFLA, 322p., 2007.
- ROCHA, A.B.; BACCARO, C.A.D.; SILVA, P.C.M.; CAMACHO, R.G.V. Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Apodi - Mossoró - RN - NE do Brasil. **Mercator**, v. 8, n. 16, p. 201-216, 2009.
- SALES, V.C. Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, n. 16, p. 125-141, 2004.
- SOUZA NETO, L.T. & GRIGIO, A.M. **Mapeamento da Geodiversidade Múltipla Ponderada do Município de Mossoró, RN**. Mossoró: Departamento de Gestão Ambiental, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 63p., 2009.
- SOUZA, M.L.P.; BLEY, C.J.; SOUZA, L.C.P. Classificação do Risco ambiental das Terras e sua Utilização no Cadastro Técnico Multifinalitário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO - COBRAC, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2006, p. 152-159.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, 1977. 91p.

Submetido em 03 de março de 2017

Aceito em 21 de junho de 2018