

Vulnerabilidade a Ação Antrópica no Acre, com Ênfase nos Processos de Gênese e Morfogenese do Solo

✎ Texto: João Luiz Lani¹
Eufran Ferreira do Amaral²
Nilson Gomes Bardales³

114

LIVRO TEMÁTICO 3
RECURSOS NATURAIS: BIODIVERSIDADE E AMBIENTES DO ACRE

1. INTRODUÇÃO

As questões ambientais extrapolam a área de atuação específica das várias ciências. A compreensão das relações do meio ambiente e de sua dinâmica requer uma visão integradora dos aspectos físicos e ecológicos de sistemas naturais e de suas interações com os fatores socioeconômicos e políticos. Dessa visão holística surgiu uma nova disciplina: a Ecologia de Paisagem (ZONNEVELD, 1972).

A análise morfodinâmica das unidades de paisagem natural pode ser feita a partir dos princípios da Ecodinâmica (TRICART, 1977) que estabelece diferentes categorias morfodinâmicas resultantes dos processos de morfogênese e pedogênese. Quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predominam a pedogênese predominam os processos formadores de solos.

A noção de estabilidade/vulnerabilidade possibilita realçar dois aspectos: O primeiro refere-se à resistência, que é a capacidade do sistema em permanecer sem ser afetado pelos distúrbios externos. O segundo refere-se à resiliência, refletindo a capacidade do sistema em retornar às suas condições originais após ser afetado pela ação dos distúrbios externos (CHRISTOFOLETTI, 2002).

Em razão desses princípios esta etapa do Zoneamento Ecológico-Econômico teve como objetivo, baseado em índices de vulnerabilidade de cada fator (geomorfologia, solos, geologia, tipologias florestais e fatores climáticos), elaborar o mapa síntese de vulnerabilidade a processos erosivos acelerados do Estado do Acre.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para definir a vulnerabilidade a processos erosivos acele-

1 Doutor em Solos e Nutrição de Plantas | UFV
2 Doutor em Solos e Nutrição de Plantas | EMBRAPA/SEMA
3 Doutor em Solos e Nutrição de Plantas | Consultor ZEE

Tabela 1. Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas

Categoria morfodinâmica	Relação pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio pedogênese/morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

rados no Estado do Acre foi uma modificação daquela proposta por CREPANI et al. (1998) para o Zoneamento Ecológico-Econômico dos Estados da Amazônia legal. A principal modificação é que na Metodologia adotada por CREPANI e colaboradores tinha-se uma moldura temática que se constituía numa imagem de satélite Landsat que era interpretada em termos de unidades homogêneas (numa escala de 1:250.000) e a partir daí eram extraídas as informações temáticas (em mapas na escala de 1:1.000.000). No presente estudo o mapa de vulnerabilidade a processos erosivos acelerados foi obtido pela integração dos cinco produtos temáticos prioritários: clima, geologia, geomorfologia, solos e vegetação já na escala do mapa final. A partir desta base preliminar, cada tema foi estratificado em classes de vulnerabilidade, de forma macro, conforme a Tabela 1.

A partir da primeira aproximação, estruturou-se uma escala de vulnerabilidade para situações que ocorrem naturalmente. Desenvolveu-se então o modelo definido na Tabela 2, que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à erosão, distribuídas entre situações onde há o predomínio de processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores próximos de 2,0) e situações de predomínio dos processos de morfogênese (as quais se atribuem valores próximos de 3,0).

O modelo é aplicado individualmente aos temas (clima, geologia, geomorfologia, solos e vegetação) que compõem cada unidade de paisagem, que recebem posteriormente um valor final, resultante da média aritmética dos valores individuais segundo uma equação matemática, que busca representar uma estimativa da posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade natural:

$$Vu = \frac{(G + R + S + V + C)}{5}$$

Onde:

Vu = Vulnerabilidade da unidade de paisagem homogênea

G = Vulnerabilidade para o tema geologia

R = Vulnerabilidade para o tema geomorfologia

S = Vulnerabilidade para o tema solos

V = Vulnerabilidade para o tema vegetação e cobertura do solo

C = Vulnerabilidade para o tema clima

Para a representação cartográfica da vulnerabilidade selecionou-se 21 categorias de cores de modo que se associasse a cada classe sempre a mesma cor, obedecendo ao critério de que ao valor de menor vulnerabilidade (1,0) se associa a cor azul, ao valor intermediário (2,0) se associa a cor verde e ao valor de maior vulnerabilidade (3,0) a cor vermelha.

Na definição destas cores procurou-se obedecer aos critérios de comunicação visual que buscam associar cores “quentes” e seus matizes (vermelho, amarelo e laranja) situações de emergência, e as cores “frias” e seus matizes (azul, verde) situações de tranquilidade.

Em razão dos resultados obtidos para a vulnerabilidade média das UP's (Tabela 2) foi realizada uma estratificação considerando os valores máximos e mínimos obtidos, de forma a definir 5 classes de fragilidade ambiental. O mapa resultante permite uma visualização regional de graus de sensibilidade a alterações antrópicas no Estado do Acre (Figura 1).

Tabela 2. Representação da vulnerabilidade/estabilidade das unidades de paisagem

Unidade	Média de Vulnerabilidade		Classes de vulnerabilidade
U1	VULNERABILIDADE →	3,0	Vulnerável
U2		2,9	
U3		2,8	
U4		2,7	
U5		2,6	Moderadamente vulnerável
U6		2,5	
U7		2,4	
U8		2,3	Medianamente estável/vulnerável
U9		2,2	
U10		2,1	
U11		2,0	
U12		1,9	
U13		1,8	Moderadamente estável
U14		1,7	
U15		1,6	
U16		1,5	
U17		1,4	Estável
U18		1,3	
U19		1,2	
U20		1,1	
U21		1,0	

O fator clima foi inserido no cruzamento entre os mapas temáticos usados na elaboração das cartas de vulnerabilidade, porém há de se ressaltar a baixa densidade das estações climatológicas o que condiciona uma modelagem muito genérica. A causa fundamental da erosão hídrica é a ação da chuva sobre o solo. A erosão é resultante do poder da chuva de causar erosão (erosividade) e da capacidade do solo em resistir à erosão.

Com relação à geologia, a resistência da rocha à erosão é consequência de seu litotipo, da sua estruturação litológica e/ou tectônica e da história da evolução do ambiente geológico em que se encontra.

A contribuição da geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica das unidades de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolu-

ção do ambiente geológico e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. O grau de coesão das rochas é a informação básica da geologia a ser integrada a partir da ecodinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores de formas de relevo (processos erosivos), enquanto que nas rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos (processos pedogenéticos). Assim, segundo este critério (grau de coesão), as rochas cristalinas são consideradas mais resistentes aos processos erosivos (portanto menos vulneráveis), que as metamórficas, e estas mais resistentes que as sedimentares.

A geomorfologia oferece informações relativas à morfometria que influenciam de maneira marcante os processos eco dinâmi-

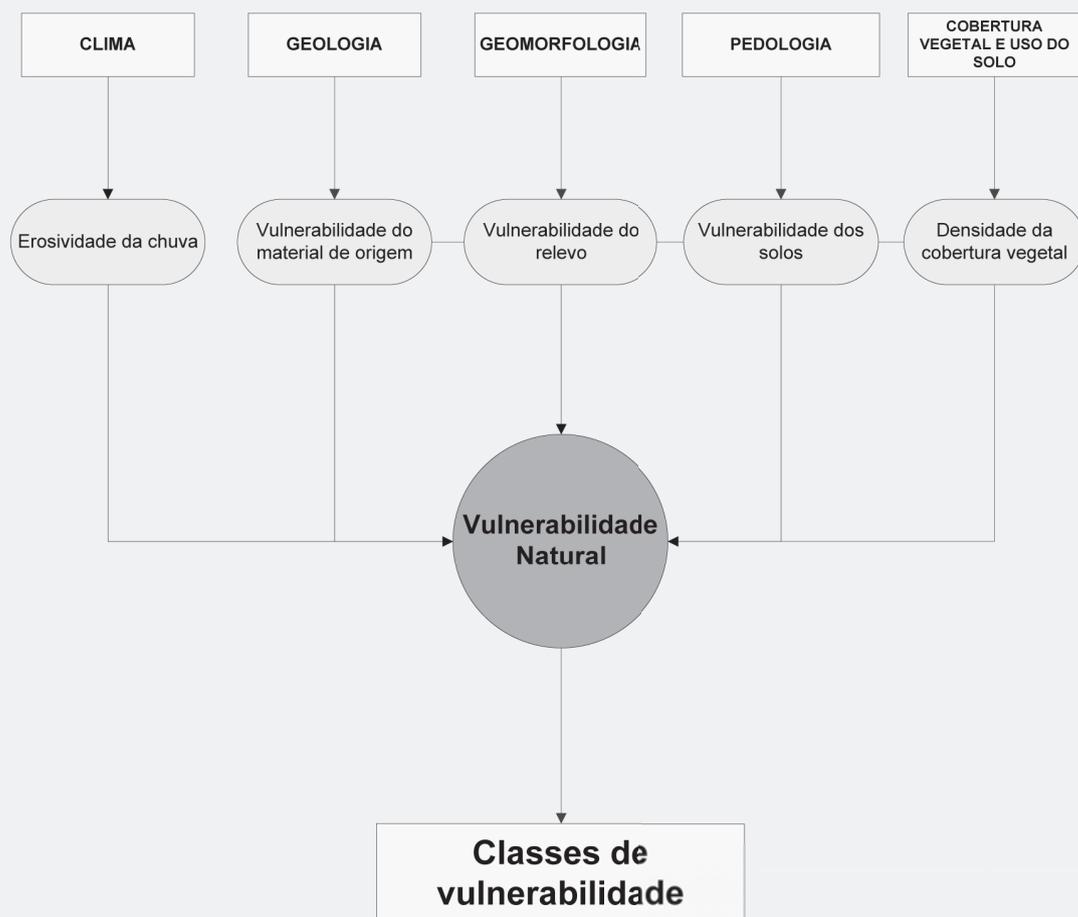


Figura 1. Fluxograma metodológico para definição de áreas ambientais frágeis e sensíveis à exploração dos recursos naturais.

cos. As informações morfométricas utilizadas são: a amplitude de relevo, a declividade e o grau de dissecação da unidade de paisagem. Essas informações caracterizam a forma de relevo da unidade de paisagem natural e permitem que se quantifique empiricamente a energia potencial disponível para o “runoff” (MORISAWA, 1968), isto é, a transformação de energia potencial em energia cinética responsável pelo transporte de materiais que “esculpe” as formas de relevo. Dessa maneira, pode-se entender que em unidades de paisagem natural que apresentam valores altos de amplitude de relevo, declividade e grau de dissecação, prevalecem os processos morfogenéticos, enquanto que em situações de baixos valores para as características morfométricas predominam os processos pedogenéticos.

Os solos participam da caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural fornecendo um indicador em função do grau de maturidade. A maturidade dos solos, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indica claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese, que geram solos pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese gerando solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos. Desta forma, foram consideradas as características físicas, químicas, morfológicas e mineralógicas para definição da vulnerabilidade dos solos.

Por se tratar de um mapa na escala de 1:250.000, o mapa de solos do ZEE Fase II apresenta-se com unidades de mapeamento em associações de 2 ou 3 classes de solos, o que demanda que o cálculo da vulnerabili-

dade seja realizado como média ponderada para melhor caracterizar cada mancha.

Neste estudo de vulnerabilidade ambiental foi entendida, essencialmente, como a suscetibilidade a ocorrência de processos erosivos acelerados.

3. RESULTADOS

3. 1. Clima

O Estado do Acre apresenta um clima caracterizado por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos. Na maior parte do Estado, as precipitações são abundantes sem uma nítida estação seca. Os meses menos chuvosos são: junho, julho e agosto. A principal característica da pluviosidade no Estado é a diminuição progressiva da intensidade do período seco no sentido Sudeste-Noroeste, com três meses secos no setor Sudeste e menos de um no Noroeste. Os totais pluviométricos anuais variam entre 1600 mm e 2750 mm anuais (ACRE, 2006).

3. 2. Geologia

A maior parte do Estado do Acre é coberta por rochas sedimentares (BRASIL, 1976, 1977; ACRE, 2000a, 2006). Desta forma, as rochas predominantes se apresentam como vulneráveis e representa grande instabilidade ambiental se exposta às condições climáticas atuais. No setor noroeste do território acreano há uma área de maior vulnerabilidade que corresponde aos arenitos consolidados da Formação Cruzeiro do Sul e as faixas das principais redes de drenagem.

3. 3. Geomorfologia

No Estado do Acre o relevo atual condiciona uma vulnerabilidade mediana, uma vez que ocorre uma média declividade e a intensidade de dissecação é regular, condicionando uma superfície instável, do ponto de vista geomorfológico, uma vez que irão predominar os processos de morfogênese. As exceções ocorrem nos extremos do Estado. No setor sudeste, nos municípios de

Acrelândia, Capixaba e Senador Guimard, onde predominam os Latossolos nas áreas de superfícies tabulares o que condiciona menor vulnerabilidade ambiental. Da mesma forma no setor noroeste as áreas menos movimentadas condicionam maior resistência das formas de relevo.

3. 4. Pedologia

Os solos mais vulneráveis são os Neossolos Flúvicos, por serem mais jovens e estarem num equilíbrio muito instável, mesmo em condições naturais, pelo seu caráter deposicional sazonal e situação na paisagem acompanhando os grandes rios e igarapés.

Os Cambissolos, por se tratarem de solos muito jovens, estão numa escala de vulnerabilidade alta e representam o segundo grupo de maior vulnerabilidade, estando localizados na região central do Estado.

Enfim, os solos do Acre, de maneira geral, são relativamente jovens ou está num equilíbrio da morfogênese/pedogênese, o que explica a presença predominante no estado de solos rasos e com baixa idade relativa.

3. 5. Cobertura Vegetal e Uso do solo

A cobertura vegetal protege a unidade de paisagem dos efeitos dos processos modificadores das formas de relevo (erosão). A ação da cobertura vegetal na proteção da paisagem se dá de maneiras diversas:

- a) Evita o impacto direto das gotas de chuva contra o solo, impacto que promove a desagregação das partículas;
- b) Impede a compactação do solo, a qual diminui a capacidade de absorção de água pelo solo;
- c) Aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água da chuva;
- d) Suporta a vida silvestre que, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumentam a porosidade e a permeabilidade do solo.

Compete à cobertura vegetal um papel importante no trabalho de retardar o ingresso das águas provenientes das precipitações pluviais nas correntes de drenagem pelo aumento da capacidade de infiltração, pois o ingresso imediato provoca o incremento do “runoff” (massas de água em movimento), com o conseqüente aumento na capacidade de erosão pela transformação de energia potencial em energia cinética.

Desta forma, a participação da cobertura vegetal na caracterização morfodinâmica das unidades de paisagem natural está diretamente ligada à sua capacidade de proteção do solo. Assim aos processos morfogenéticos relacionam-se as coberturas vegetais de densidade (cobertura do terreno) mais baixa, enquanto que os processos pedogenéticos ocorrem em situações onde a cobertura mais densa favorece o desenvolvimento e a maturação do solo.

Em razão da predominância no estado das fisionomias florestais (ombrófilas densa e aberta), que conferem ao solo excelente proteção aos efeitos erosivos da precipitação, as áreas sem ação antrópica apresentam moderada a alta estabilidade. No Acre, em razão do tipo de sedimentos presente, ocorre uma condição muito peculiar, onde a floresta avançou sobre solos jovens de baixa permeabilidade que, quando expostos à ação direta das chuvas, ficam predispostos a uma rápida degradação, principalmente, em razão de sua mineralogia, que lhes conferem alta capacidade de expansão e contração.

3. 6. Vulnerabilidade Ambiental

Os valores de vulnerabilidade encontrados para o Estado do Acre revelam uma realidade de relativa estabilidade, que é imposta pela vegetação que reveste o solo e o material de origem, dando proteção à dissecação do relevo, uma vez que diminui a erosividade das chuvas.

Na Figura 2, verifica-se que as áreas mais vulneráveis estão associadas aos terraços aluviais dos grandes rios, nas áreas de solos jovens e relevo mais movimentado, como as

dos cambissolos e nas áreas antrópicas e de baixa densidade da cobertura vegetal.

Na Tabela 3 são apresentadas à amplitude de variação do grau de vulnerabilidade e as áreas absoluta e relativa em cada classe de vulnerabilidade.

A partir da Tabela 3 foi gerado um mapa (Figura 2) com cinco categorias de vulnerabilidade, de acordo com as condições ambientais específicas da área de estudo.

Os ambientes mais vulneráveis são aqueles nos quais a morfogenese comanda a intensidade e a natureza dos processos morfogenéticos e o sentido da evolução da paisagem. Nestes locais, a estabilidade estrutural dos solos é decisiva na intensidade dos fenômenos de escoamento superficial e a constituição do material sedimentar no qual está assentado o conjunto solo-floresta é extremamente instável. Nestas áreas o uso agrônômico indicado é marginal, o critério de uso da área deve ser mais de conservar e proteger os recursos naturais, principalmente, nas áreas situadas às margens de corpos d’água.

Os ambientes moderadamente vulneráveis são aqueles nos quais a pedogênese é incipiente, e onde os fenômenos de evolução da paisagem são controlados prioritariamente pela morfogenese. São áreas com elevada sensibilidade a distúrbios ambientais, onde o equilíbrio natural é rapidamente alterado, e a resiliência do ecossistema é baixa. Representam, principalmente, as grandes áreas aluviais que estão distribuídas no Estado do Acre. Nesta classe de ambientes o uso agrônômico indicado é classificado como restrito. A agricultura ribeirinha já existente e as atividades extrativistas são o maior grau de alteração ambiental admissível, devendo estas áreas ser priorizadas para conservação dos recursos naturais, principalmente, aquelas situadas no entorno dos centros urbanos.

Os ambientes medianamente estável-vulneráveis são aqueles nos quais a pedogênese varia de incipiente a moderada e os processos de modelagem da paisagem são intensos. São ambientes de alta sensibilidade a ocupação humana, onde o equilíbrio natural é

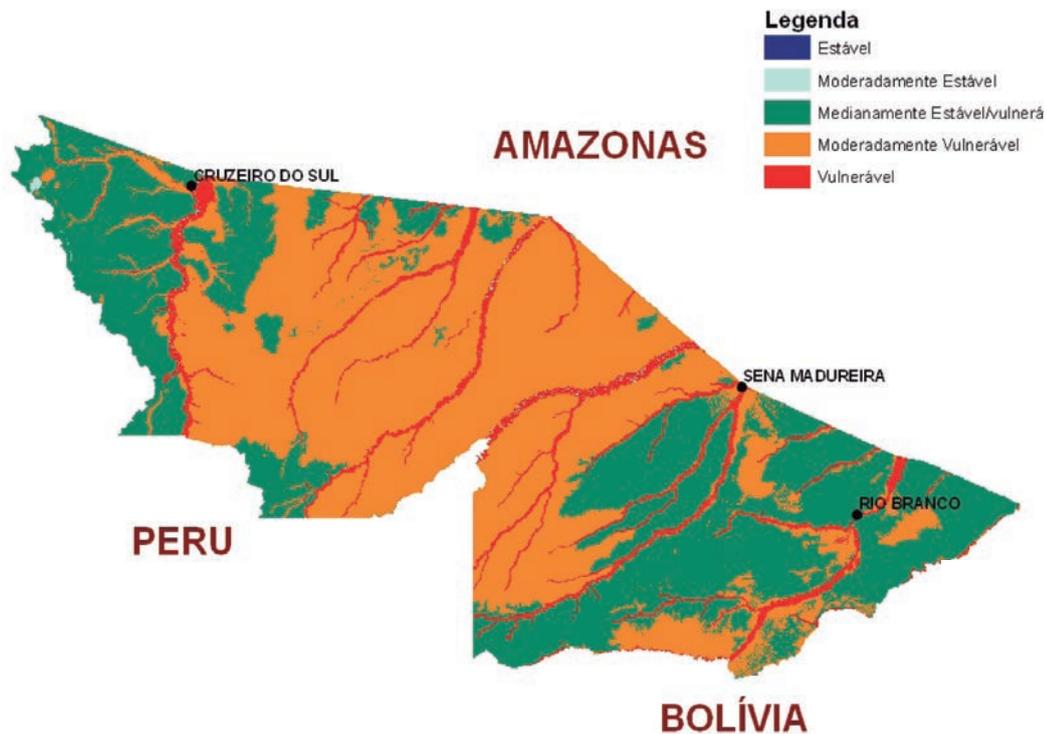


Figura 2. Mapa de classes de vulnerabilidade natural do Estado do Acre, Brasil.

120

Tabela 3. Classes de fragilidade ambiental para o Estado do Acre

Classes de vulnerabilidade	Amplitude	Área (km ²)	Área (%)
Vulnerável	2,61-3,00	10827,3	6,65
Moderadamente vulnerável	2,21-2,60	85540,7	52,55
Medianamente estável/vulnerável	1,71-2,20	66007,1	40,55
Moderadamente estável	1,31-1,70	391,6	0,24
Estável	1,00-1,31	25,1	0,02

mantido, principalmente, pela cobertura vegetal. Se a cobertura vegetal é degradada, há rápida degradação dos solos pelos processos de erosão acelerada e petroplintização⁴, fenômenos resultantes da precipitação pluviométrica elevada, material de origem de caráter pelítico⁵ e solos com presença

de argila de atividade alta. Nestas áreas, a geomorfologia atua como condicionador da intensidade dos processos de alteração e como fator de transformação dos demais fatores. Nestas áreas o uso agrônomo indicado é restrito, devendo ser priorizadas para uso controlado e/ou conservação dos

4 Petroplintização – Processo de endurecimento da plintita decorrente de ciclos repetitivos de umedecimento e secagem que resulta na formação de concreções ferruginosas de dimensões e formas variáveis, individualizadas ou aglomeradas.

5 Pelíticas - Designativos de sedimentos de cujos grãos são indistintos a olhos nus, porque resultam do endurecimento de massas muito finas.

recursos naturais, principalmente, naquelas situadas nas margens dos rios.

Os ambientes moderadamente estáveis são aqueles nos quais há um balanço relativamente estável entre morfogênese e pedogênese. Nestes ambientes a intensidade de dissecação é fraca a moderada, Isso condiciona a complexidade da modelagem da paisagem e as características dos solos. É comum o caráter vértico ou plíntico, nos quais há restrição severa de drenagem, onde a cobertura vegetal permite manter o equilíbrio. A presença entre as rochas sedimentares destes ambientes de siltitos e argilitos condiciona a ocorrência de camadas adensadas no perfil dos solos, o que restringe o processo evolutivo dos mesmos. Nestas áreas, o uso agrônomico intensivo é desaconselhável, as práticas agroflorestais devem ser adotadas em pequenas áreas, de forma a manter a cobertura do solo e evitar a degradação irreversível.

Os ambientes estáveis são aqueles nos quais há uma ligeira predominância dos processos de pedogênese em relação à morfogênese. Nestas áreas a pedogênese é moderada e os processos e fatores de formação condicionam a ocorrência de

solos mais desenvolvidos. São áreas de solos mais profundos, com dissecação fraca a moderada, e com resiliência do ecossistema moderada. Nestas áreas o uso agrônomico indicado é o semi intensivo, sendo que o uso mais intensivo deve ser precedido de uma avaliação em escala local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas mais estáveis do ponto de vista de recursos naturais concentram-se nos extremos do Estado, na região Nordeste e Noroeste e em algumas áreas do setor sudeste.

A região central, onde a expressão dos Cambissolos é maior e a dissecação mais intensa, apresenta grau de vulnerabilidade moderada.

Nas margens dos rios em razão da predominância dos Neossolos Flúvicos e das cheias, o grau é vulnerável, o que demonstra a instabilidade desses ambientes, não recomendando sua ocupação/exploração intensiva.

Trabalhos em escalas maiores devem ser estimulados, bem como, melhorar as informações climatológicas em bases municipais para que os dados possam ser inseridos nas fases posteriores do ZEE.