VULNERABILIDADE NATURAL À PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAGRADO – MORRETES/PR

Carolina Mesquita[1]
Andréia Quintão Soares de Assis[2]
Rodrigo Marcos de Souza[3]

RESUMO

O processo do assoreamento, o qual demonstra-se como sendo um processo natural, sobretudo, em áreas estuarinas e de baías, vem sendo acelerado pelas atividades antrópicas, tal como vem ocorrendo no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, que tem o rio Sagrado como pertencente ao complexo hídrico que drena para a referida baía. Desta forma, o objetivo da pesquisa é elaborar um estudo da vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do rio Sagrado, através da análise integrada das características do meio físico. A metodologia utilizada baseia-se nas propostas desenvolvidas por Crepani, *et al* (2001) e Becker & Egler (1996), de avaliação do grau de vulnerabilidade natural à perda de solo. A bacia foi dividida em três unidades territoriais básicas (UTB's) e aplicadas classes de vulnerabilidade para os elementos de clinografia, geologia, pedologia e uso e cobertura da terra, e assim pode-se gerar a carta de vulnerabilidade natural à perda de solos. Observou-se que o elemento de uso e cobertura da terra é um indicador da real exposição das unidades em relação aos processos erosivos, o que permitiu concluir que a cobertura vegetal é um fator relevante para o equilíbrio da paisagem.

Palavras-Chave: Vulnerabilidade, assoreamento, morfogênese, pedogênese, rio Sagrado.

ABSTRACT

The process of the silting, which is demonstrated as being a natural process, especially, in estuarine areas and bays, comes being accelerated by human activities, as it comes occurring in the Estuarine Complex of the Bay of Paranaguá, that the Sagrado's river belongs to the draining water system that it drains for the cited bay. In such a way, the objective of the research is elaborate a study of the natural vulnerability to the soil loss of the Sagrado's river hydrographic basin, through the integrated analysis of the characteristics of the physical environment. The methodology used was based on the proposals developed for Crepani, et al (2001) and Becker & Egler (1996), of evaluation of the degree of natural vulnerability to the soil loss. The basin was divided in three territorial units basic (UTB' s) and applied classes of vulnerability for the elements of declivity, geology, pedology and land use and land cover, and thus the map of natural vulnerability to the soil loss can be generated. It was observed that the element of land use and land cover is a pointer of the real exposition of the units in relation to the erosive processes, what allowed to conclude that the vegetation cover is an excellent factor for the balance of the landscape.

Keywords: Vulnerability, siltation, morphogenesis, pedogenesis, Sagrado's river.

INTRODUÇÃO

Decorrente do conjunto erosão, transporte e deposição de sedimentos, temos o fenômeno do assoreamento, o qual demonstra-se como sendo um processo natural, sobretudo,

[1] Mestranda em Geografia pela UFPR – Bolsista Reuni – carolmes@hotmail.com
[2] Mestranda em Geografia pela UFPR – Bolsista Capes – deiaqs@yahoo.com.br
[3] Mestrando em Geografia pela UFPR – Bolsista Capes – rmarcos@globo.com

em áreas estuarinas e de baías. No entanto, as atividades antrópicas podem desequilibrar a dinâmica natural, alterando a vazão de cursos d'água e/ou ampliando a quantidade de sedimentos a serem transportados. Nestas condições o processo de assoreamento pode ser consideravelmente acelerado, tal como vem ocorrendo no Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá (PAULA & CUNICO, 2007). O Complexo Estuarino de Paranaguá ocupa uma extensa área no litoral paranaense, apresentando-se em parte como estuário ou também como um amplo sistema lagunar.

Guerra & Mendonça (2005), afirma que a intervenção humana sobre o relevo terrestre demanda a ocupação e a transformação da paisagem. Dependendo do tipo desta intervenção, das práticas conservacionistas utilizadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais poderão causar grandes prejuízos ao meio físico e à sociedade.

Em locais com elevada declividade, solos rasos e expressivos índices pluviométricos, a exemplo do que ocorre na Serra do Mar Paranaense, há consideráveis registros de deslizamentos naturais, sendo que a retirada da cobertura vegetal amplia a freqüência e a magnitude desses eventos. Assim, pode-se afirmar que além da erosão dos solos, os movimentos de massa também desempenham papel relevante no desenvolvimento de processos de assoreamento, tal como vem ocorrendo na região do Complexo Estuarino de Paranaguá (PAULA, et al., 2008).

A Bacia Hidrográfica do rio Sagrado possui uma área de 137,7 km² e encontra-se localizada inteiramente no município de Morretes, litoral paranaense. O rio Sagrado pertence ao complexo hídrico que drena para a baía de Paranaguá, a qual é objeto de muitos estudos em razão da ameaça de inviabilização das atividades portuárias, tornando-se necessário investigar a origem do assoreamento e dos contaminantes presentes na área, com vistas a desenvolver planos de ação que venham a atenuá-los e a viabilizar áreas de despejo alternativas do material dragado (PAULA, *et al*, 2006).

A referida bacia, apesar de não possuir uma área tão significativa é uma das bacias que mais contribui para o assoreamento da baía de Paranaguá, devido ao seu alto grau de antropização, pois pequenas áreas antropizadas podem afetar a produção de sedimentos decorrente da fragilidade do local ocupado. Áreas utilizadas para agricultura, por exemplo, estão próximas aos cursos d'água, aluviões, solos não consolidados e sedimentos recentes levando a maior produção de sedimentos devido à retirada de vegetação.

Desta forma, o objetivo da pesquisa é elaborar um estudo da vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do rio Sagrado, através da análise integrada das características do meio físico.

METODOLOGIA

Procedimentos Operacionais - Toda base cartográfica e todos os dados referentes às variáveis utilizadas (clinografia, geologia, pedologia, uso e ocupação da terra) foram fornecidos pelo Programa CAD (Contaminantes, Assoreamento e Dragagens do Estuário de Paranaguá), em formato vetorial *shape*, do *software* ArcGis.

Após a aquisição desse material, partiu-se para a elaboração do Mapa de Localização da área, o Mapa de UTB's e as Cartas Temáticas para cada variável. Os mapas e as cartas foram elaboradas no *software* ArcGis 9.2, na sua interface para layout. Para o Mapa de UTB's, utilizou-se das variáveis clinografia, geologia e solos. As Cartas Temáticas foram elaboradas a partir do vetor de cada uma das variáveis.

Para a geração das cartas de vulnerabilidade de cada uma das variáveis citadas anteriormente, foi aplicada a metodologia desenvolvida por Crepani, *et al* (2001) e Becker & Egler (1996), detalhada a seguir.

Procedimentos Metodológicos - A metodologia empregada baseia-se nas propostas desenvolvidas por Crepani, *et al* (2001) e Becker & Egler (1996), de avaliação do grau de vulnerabilidade natural à perda de solo, preconizada a partir do conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), acrescentando-se o uso de geotecnologias.

A primeira fase da metodologia consiste em definir UTB's, que podem ser consideradas unidades de paisagem natural ou polígonos de intervenção antrópica. Segundo Becker & Egler (1996), as UTB´s são compreendidas como uma entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo que possui vínculos dinâmicos que a articulam à uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais.

Para a identificação das UTB's foram avaliados os seguintes elementos: Clinografia, Geologia, Solos, Uso e Cobertura da Terra. A seguir, foram confeccionadas as respectivas cartas temáticas de cada elemento supracitado e aplicado os valores de vulnerabilidade, a partir dos princípios da Ecodinâmica (TRICART, 1977), que estabelece diferentes categorias

morfodinâmicas resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese. Nesta análise, quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos. São atribuídos valores para cada um dos temas, que variam de 1,0 (estável) a 3,0 (vulnerável).

Cada elemento físico-natural contribui de uma maneira para a estabilidade/vulnerabilidade do ambiente. A contribuição da Geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica é o grau de coesão das rochas que a compõem. A Clinografia refere-se a inclinação do relevo em relação ao horizonte, sendo sua análise indispensável, pois mantém relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em cinética. A Pedologia participa da caracterização morfodinâmica, fornecendo informações reverentes a maturidade dos solos. As informações referentes a cobertura vegetal também são de grande importância, pois representam a defesa da unidade de paisagem contra os efeitos modificadores das formas de relevo.

Dessa forma, a carta de vulnerabilidade natural à perda de solos resulta da média aritmética entre as classes de vulnerabilidade das variáveis citadas anteriormente: clinografia, geologia e solos e uso e cobertura da terra. Porém, para melhor representar a potencialidade natural da área de estudo, optou-se por elaborar a carta de vulnerabilidade natural à perda de solos considerando-se para tal somente os elementos que caracterizam os aspectos físico-naturais (Quadro 1). A carta resultante foi correlacionada posteriormente com o uso e cobertura da terra (Quadro 2).

Quadro 1 – Equação para a obtenção da vulnerabilidade natural à perda de solos

$$\mathbf{VN} = \frac{\mathbf{(R + G + S)}}{\mathbf{3}}$$

Em que:

- **VN** = vulnerabilidade natural à perda de solos / **G** = vulnerabilidade para a variável de Geologia
- **R** = vulnerabilidade para a variável de Clinografia / **S** = vulnerabilidade para a variável de Solos

Quadro 2 – Equação para a obtenção da vulnerabilidade natural a perda de solos considerando o grau de proteção da terra

$$VC = \frac{(VN + VUC)}{2}$$

Em que:

- VC = Vulnerabilidade Natural à perda de solos considerando o grau de proteção da terra
- VN = Vulnerabilidade Natural à perda de solos
- VE = vulnerabilidade para a variável de uso e cobertura da terra

A média entre os valores de cada um dos elementos indica a posição dos mesmos em uma escala de vulnerabilidade a erosão (Tab. 1). Quando os valores se aproximam de 1,0 indicam a categoria morfodinâmica estável, com predomínio de processos pedogenéticos. Valores próximos a 2,0 apresentam categoria de morfodinâmica intermediária, com equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese. Valores próximos a 3,0 indicam categoria de instabilidade, no qual prevalecem os processos de morfogênese.

Tab. 1 – Classes de Vulnerabilidade Morfodinâmica Natural

Categoria Morfodinâmica	**Relação Pedogênese/Morfogênese**	**Valor**
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani, *et al* (2001).

Elaboração do Mapa de Unidades Territoriais Básicas – As UTB's podem ser compostas por unidades de paisagem e polígonos de intervenção antrópica, no entanto, para melhor obtenção dos resultados finais, as UTB's foram definidas a partir das unidades de paisagem.

Para a definição das unidades de paisagem foram consideradas as informações de solos, clinografia e geologia, pois representam intrinsecamente os processos de morfogênese e pedogênese. Com a sobreposição dos mapas das variáveis supracitadas e tendo como suporte visual a imagem de satélite da área de estudo, foram definidas três UTB's enquanto unidades de paisagem.

ATRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE VULNERABILIDADE A PERDA DE SOLOS

Vulnerabilidade Clinográfica - As classes clinográficas da bacia hidrográfica do rio Sagrado foram divididas em cinco, conforme Biase (1995). Assim, em vertentes com ângulo de inclinação elevado (30 - 47% e > 47%) os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade aproximam-se de 2.5 e 3.0, indicando que os processos erosivos da morfogênese se sobressaem. Nas vertentes cuja inclinação apresenta-se entre 12 a 30% se tem uma classe intermediária, ou seja, existe um equilíbrio entre os processos de morfogênese e pedogênese. Já nas inclinações mais suaves (< 5% e 5 - 12%), predominam os processos pedogenéticos, recebendo valores de vulnerabilidade próximos de 1.0. Na Tab. 2 verificam-se as classes e os valores de vulnerabilidade adotados.

Tab. 2 – Classes Clinográficas e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural da bacia hidrográfica do rio Sagrado

Clinografia	**Vulnerabilidade**	
(%)	**Classes**	**Valor**
< 5	Estável	1.0
5 - 12	Moderadamente Estável	1.5
12 - 30	Medianamente Estável - Vulnerável	2.0
30 - 47	Moderadamente Vulnerável	2.5
> 47	Vulnerável	3.0

Fonte: Baseado em Crepani, *et al* (2001); Biasi (1995) Org.: Andreia Q. Soares, 2009

Vulnerabilidade Geológica - Os valores de vulnerabilidade dos grupos litológicos encontrados na bacia do rio Sagrado seguem a proposta de Crepani, *et al* (2001) e MINEROPAR (2005), conforme a Tab. 3.

Tab. 3 – Unidades Geológicas e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural, e respectivas áreas, na bacia hidrográfica do rio Sagrado

Geologia	**Classe**	**Valor**	**Área**	**%**
Suíte Álcali-Granitos	Estável	1,2	8,58	6,23
Complexo Cachoeira	Estável	1,3	1,51	1,1
Complexo Gnáissico-Migmatítico	Estável	1,3	87,82	63,76
Complexo Granítico-Gnaísico	Estável	1,3	4,81	3,49
Complexo Metamórfico sem denominação	Estável	1,3	3,83	2,78
Formação Guaratubinha	Estável	1,1	0,72	0,52
Sed. Recentes (Aluviões Indiferenciados)	Vulnerável	3,0	18,53	13,47
Sed. Recentes (Depósito de Colúvios e Talús)	Vulnerável	3,0	5,98	4,36
Sed. Recentes (Sed. Flúvio-marinhos associados a manguezais	Vulnerável	3,0	4,53	3,35
Sed. Recentes (Sed. argilo-síltico arenoso de fundo de baía	Vulnerável	3,0	1,13	0,83

Fonte: Baseado em Crepani, *et al* (2001) e MINEROPAR (2005) Org.: Andreia Q. Soares, 2009

Vulnerabilidade Pedológica - Os tipos de solos são analisados como produto direto no balanço morfogênese-pedogênese e seus valores atribuídos seguem os propostos na metodologia de Crepani, *et al* (2001), cujas classes de vulnerabilidade são observadas na Tab. 4.

Tab. 4 – Tipos de Solos e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural, e respectivas áreas, na bacia hidrográfica do rio Sagrado

Tipos de Solos	**Valor**	**Classe**	**Área (Km²)**	**%**
Cambissolo Háplico	2,5	Moderadamente Vulnerável	10,7	7,77
Cambissolo Háplico associado a Neossolo Litólico	2,7	Vulnerável	27,83	20,22
Cambissolo Háplico associado a ArgissoloVermelho-Amarelo	2,2	Medianamente Estável/Vulnerável	51,34	37,31
Cambissolo Háplico associado a Latossolo Vermelho-Amarelo	1,7	Moderadamente Estável	12,33	8,96
Cambissolo Flúvico	2,5	Moderadamente Vulnerável	9,4	6,83
Espodossolo Humilúvico associado a Gleissolo Háplico	2,5	Moderadamente Vulnerável	0,38	0,28
Gleissolo Tiomórfico	3,0	Vulnerável	2,85	2,07
Gleissolo Háplico	3,0	Vulnerável	3,53	2,56
Gleissolo Háplico associado a Cambissolo Flúvico	2,5	Moderadamente Vulnerável	6,74	4,9
Gleissolo Háplico associado a Neossolo Flúvico	3,0	Vulnerável	6,33	4,6
Organossolo Fólico	3,0	Vulnerável	0,25	0,18
Neossolo Litólico	3,0	Vulnerável	5,94	4,32

Fonte: Baseado em Crepani, *et al* (2001) Org.: Andreia Q. Soares, 2009

Vulnerabilidade ao Uso e Cobertura da Terra - Para a variável cobertura vegetal, o parâmetro utilizado para definir as classes de vulnerabilidade é a densidade de cobertura vegetal, que segundo Crepani, *et al* (2001) é um fator de proteção contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão. Assim, valores próximos a 1,0 revelam situações de estabilidade e alta densidade de cobertura vegetal. Entretanto, valores próximos a 3,0 representam áreas mais suscetíveis a vulnerabilidade à perda de solos e baixa densidade de cobertura vegetal.

Para as classes de vegetação encontradas na área de estudo, os valores sugeridos pela metodologia apresentam-se adequados. A Tab. 5 demonstra as diferentes classes encontradas na bacia.

Tab. 5 – Classes de Uso e Cobertura da Terra e respectivos valores na escala de vulnerabilidade morfodinâmica natural, e respectivas áreas, na bacia hidrográfica do rio Sagrado

Tipo de Uso e Cobertura	**Valor**	**Classe**	**Área (Km²)**	**%**
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1,0	Estável	1,09	0,79
Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas	1,0	Estável	2,47	1,8
Floresta Ombrófila Densa Submontana	1,0	Estável	22,6	16,49
Floresta Ombrófila Densa Montana	1,0	Estável	15,76	11,5
Floresta Ombrófila Densa Altomontana	1,0	Estável	2,48	1,81
Fase Intermediária de Sucessão	1,4	Moderad. Estável	53,56	39,08
Fase Inicial de Sucessão	1,7	Moderad. Estável	24,03	17,53
Campos de Altitude	2,7	Vulnerável	0,03	0,02
Formações Pioneiras com Influência Fluvial	2,5	Moderad. Vulnerável	0,7	0,51
Formações Pioneiras com Influência Fluviomarinha	2,5	Moderad.Vulnerável	2,9	2,12
Agricultura, Pecuária e Outros	3,0	Vulnerável	11,44	8,35

Fonte: Baseado em Crepani, *et al* (2001) Org.: Andreia Q. Soares, 2009

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a definição da vulnerabilidade de cada um dos elementos citados anteriormente, foi correlacionada às cartas de todos esses elementos. A carta síntese corresponde a vulnerabilidade morfodinâmica natural à perda de solos, que quando considerado o elemento de uso e cobertura da terra obtém-se a vulnerabilidade morfodinâmica natural à perda de solos de acordo com o grau de proteção da terra. Estas correlações podem ser observadas na Fig 1.

Para a discussão dos resultados serão primeiramente expostas as características gerais de cada Unidade Territorial Básica, apoiada nas Unidades de Paisagem, para posteriormente serem apresentadas a avaliação de vulnerabilidade natural.

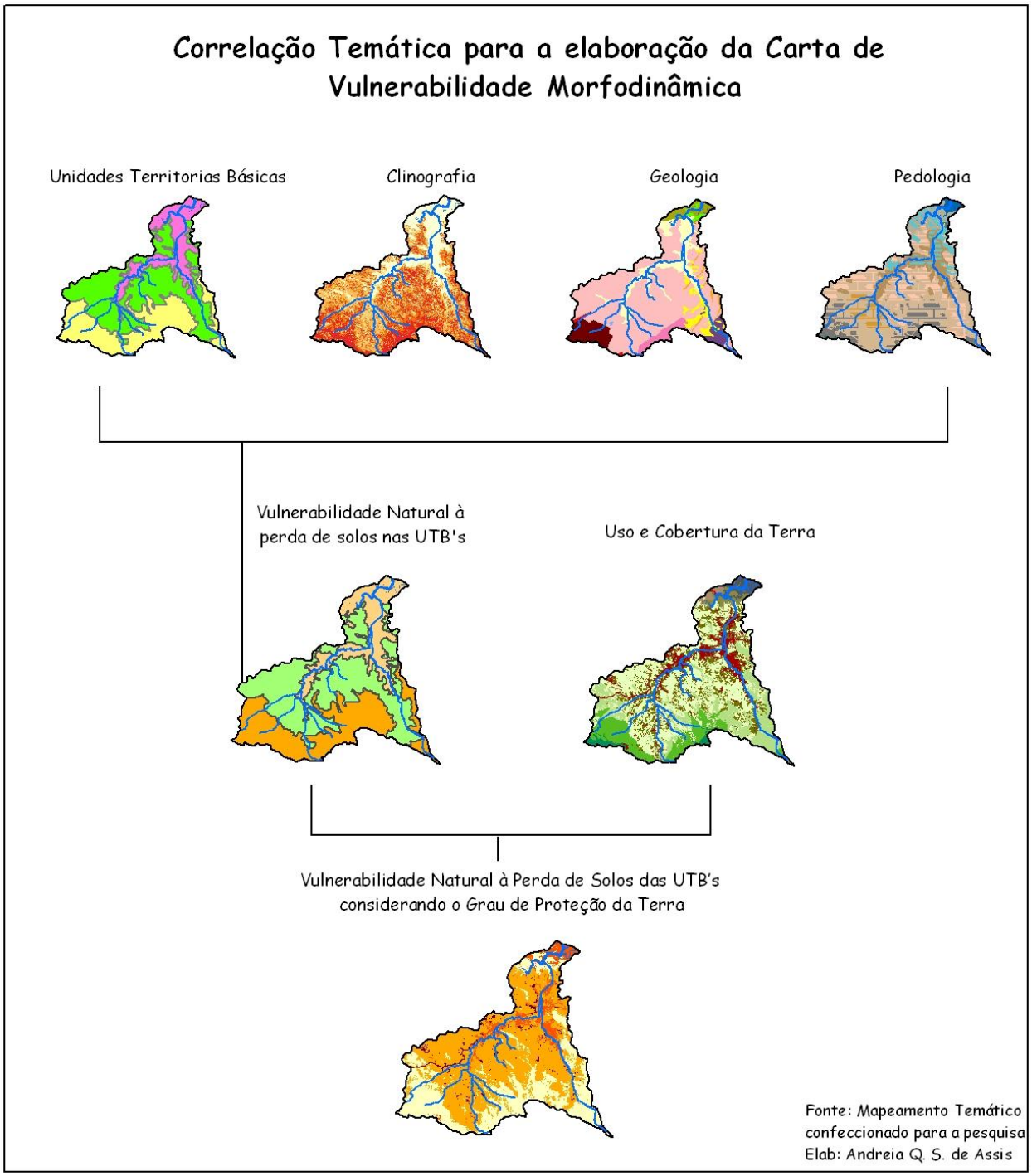

Fig. 1 – Representação Esquemática do Cruzamento das Cartas Temáticas Necessárias para a Elaboração das Cartas de Vulnerabilidade

Unidades Territoriais Básicas - A UTB 1 corresponde a 32,17% da bacia hidrográfica do rio Sagrado, com uma área de 44,31 km², situando-se na porção sul e sudeste da bacia, correspondendo a áreas das nascentes dos principais rios da bacia. A clinografia é bastante acentuada, com predominância de áreas com clinografia entre 30 – 47% e > 47%. A formação geológica predominante é o Complexo Gnáissico-Migmatítico, mas com pequenas ocorrências de outros tipos de rochas, como rochas do Complexo Ganítico-Gnáissico e Suite Álcali-Granitos. Quanto aos tipos de solos, ocorre a predominância dos Cambissolos Háplicos, e destes associados a Neossolos Litólicos. Com relação aos tipos de cobertura e uso da terra, verifica-se que as áreas com Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana e vegetação em Fase Intermediária de Sucessão, são aquelas que ocorrem mais expressivamente.

A UTB 2 ocupa uma área de 64,41 km², o que corresponde a 46,78% da bacia, sendo bem distribuída em toda área. As clinografias predominantes estão entre 5 – 12% e 12 - 30%. É geologicamente composta por rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, com a ocorrência de pequenas áreas com rochas de outras formações, como os Sedimentos Recentes (Aluviões Indiferenciados e Depósitos de Colúvios e Talús). Com relação aos tipos de solos, quase toda área da UTB é composta por Cambissolos Háplicos associados a Argissolos Vermelho-Amarelo. Essas áreas são caracterizadas por vegetação em fase inicial e intermediária de sucessão, mas com ocorrência de fragmentos de Floresta Ombrófila Densa Montana e áreas agrícolas.

A UTB 3 ocupa uma superfície de 28,99 km², correspondendo a 21,05% da área total da bacia, sendo topograficamente uma área plana, com clinografia inferior a 5%. Sua litologia corresponde aos sedimentos recentes depositados no Quaternário Holoceno. Os tipos de solos encontrados são os Cambissolos Flúvicos e os Gleissolos. Quanto ao uso e cobertura da terra, verifica-se o predomínio das atividades agrícolas, mas também com ocorrência de vegetação em fase inicial e intermediária de sucessão, Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Formações Pioneiras de influência fluvial e fluviomarinha.

Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos das UTB's - Em relação a vulnerabilidade natural das UTB's (Fig 2), constatou-se que a UTB 1 apresenta vulnerabilidade Moderadamente Vulnerável. A unidade é composta por rochas resistentes a denudação (Complexo Gnáissico-Migmatítico, Complexo Granítico-Gnáissico e Suíte Álcali-Granitos), fato que condiciona a estabilidade. Porém, a clinografia acentuada (30 – 47% e >

47%) e a presença de Cambissolos possibilitam a formação de processos morfogenéticos, favorecendo a erosão do solo.

A UTB 2 apresenta vulnerabilidade Medianamente Estável/Vulnerável. É composta, em grande parte, por rochas resistentes a denudação (Complexo Gnáissico-Migmatítico), mas também apresenta algumas áreas com Sedimentos Recentes, que é um condicionante a instabilidade. A clinografia é variável (de 5 até 30%), com média dissecação do relevo, e os solos ocorrem em associações de cambissolos com argissolos e latossolos, fator que equilibra a morfogênese e a pedogênese.

A UTB 3, assim como a UTB 1, apresenta vulnerabilidade Moderadamente Vulnerável. Apesar de ser uma unidade localizada em baixa clinografia (< 5%), a presença de gleissolos e sedimentos aluviais depositados no Quaternário (Sedimentos Recentes), não favorecem a estabilidade. A unidade é imprópria a qualquer tipo de ocupação, por ser sujeita a inundações e exposta a intensa morfodinâmica. A presença de gleissolos apresenta restrições a ocupação podendo gerar prejuízos, em casos de construção civil, decorrente de suas características geotécnicas. A utilização da unidade para fins agrícolas, por sua vez, pode vir a contaminar o lençol freático por agrotóxico e comprometer a qualidade hídrica do local.

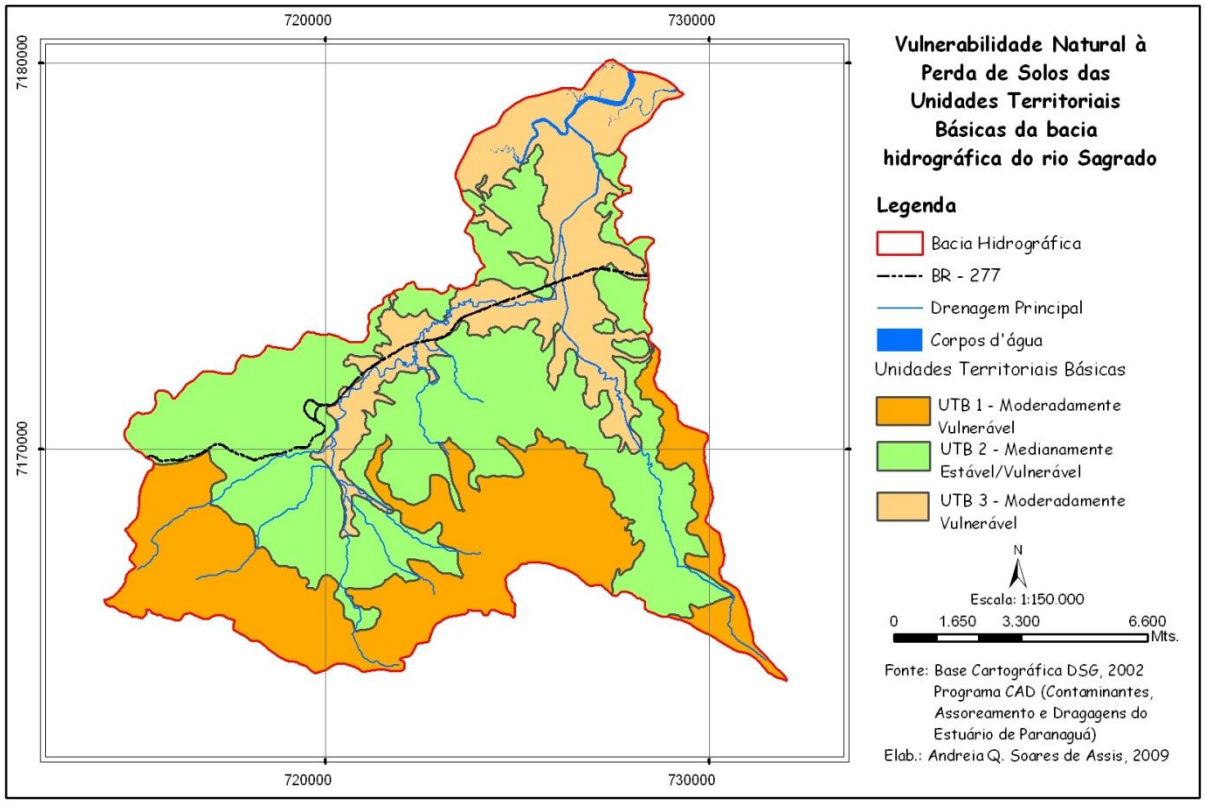

Fig. 2 – Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos das UTB's da b. h. do rio Sagrado

Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos das UTB's considerando o grau de proteção da terra - Em relação ao grau de proteção e uso da terra (Fig. 3), detectou-se que aproximadamente 69% da UTB 1 apresenta-se Moderadamente Estável, e que conforme podemos observar na Tab. 6, que não existe área Estável e Vulnerável na UTB 1, sendo que a classe Moderadamente Vulnerável apresenta-se com valor insignificante. Isso se justifica pela presença de vegetação bastante preservada, como a Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana, as quais atuam como agentes estabilizadores da vulnerabilidade. Outro fator importante é que as condições físico-naturais da área se sobressaem às atividades humanas.

A vegetação densa e preservada contribui significativamente na diminuição do escoamento superficial, aumentando a capacidade de infiltração da água no solo, evitando problemas como erosão e deslizamentos de encostas.

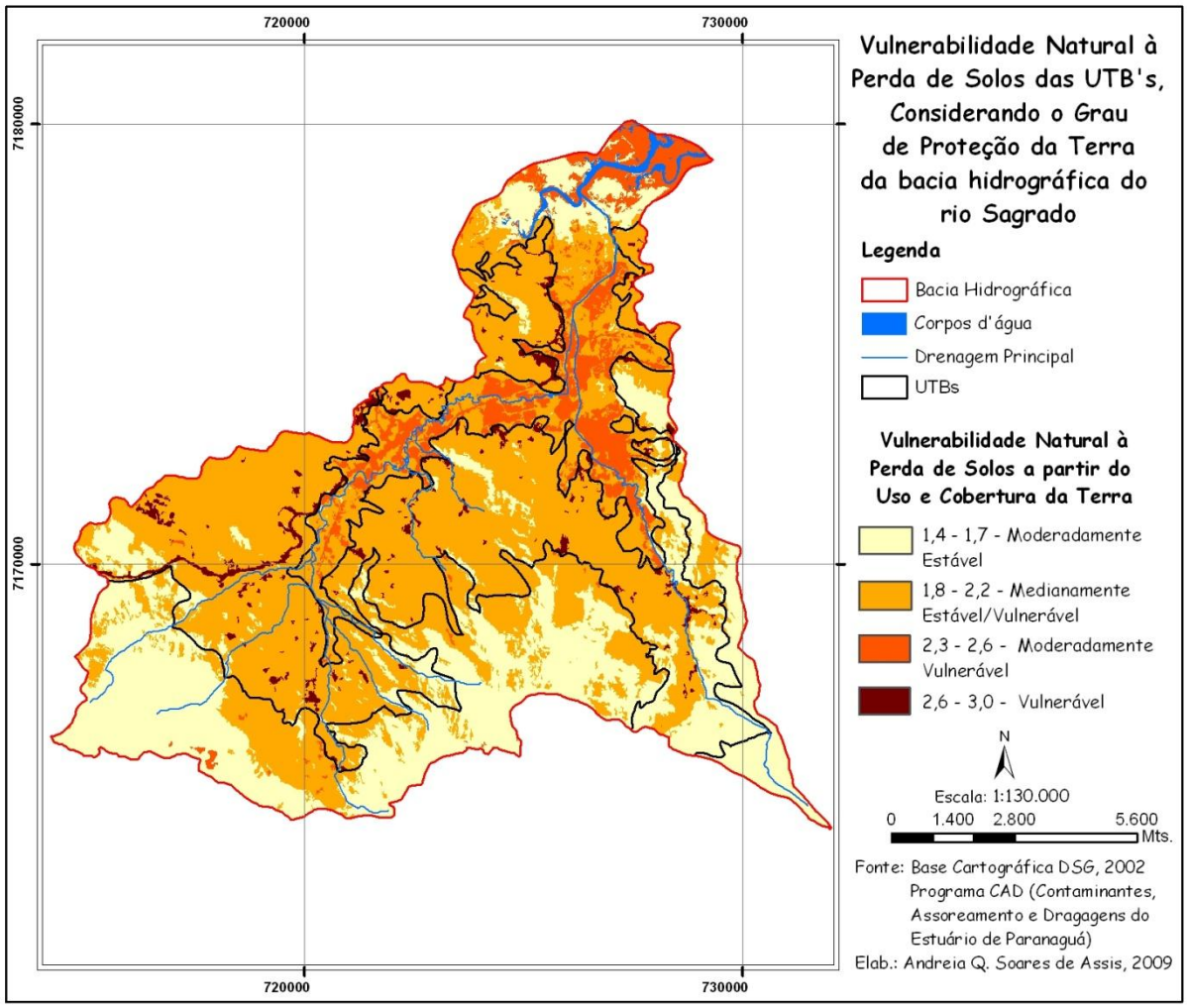

Fig. 3 – Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos das UTB's considerando o Grau de Proteção da Terra da bacia hidrográfica do rio Sagrado

A UTB 2 apresenta 78,57% de sua área em situação Medianamente Estável/Vulnerável, e com 5,47% da área em situação Vulnerável. Isto ocorre pelo fato de parte da unidade ter sua cobertura vegetal preservada e ou/ em fase inicial e intermediária sucessional, mas outra parte ter a presença de atividades humanas, como agricultura, pecuária e estradas, intensificando o processo de erosão.

Cerca de 40% da UTB 3 apresenta-se em situação Moderadamente Estável, com presença de vegetação preservada, mas também possui aproximadamente 40% de sua área em situação Moderadamente Vulnerável. Isto ocorre pelo fato da unidade estar localizada em áreas de planície aluvial e possuir baixa densidade de cobertura vegetal, representando grande pressão antrópica e de suas atividades derivadas. Logo, o grau de proteção da terra não é o suficiente para impedir o predomínio dos processos morfogenéticos sobre os pedogenéticos.

Por fim, ao considerar o uso e cobertura da terra, os valores obtidos passaram a indicar a real exposição das unidades em relação aos processos erosivos, o que permite concluir que a cobertura vegetal é um fator relevante para o equilíbrio da paisagem, e sua ausência pode vir a comprometer não só os solos, como também comprometer a qualidade da água, pelo uso indiscriminado de agrotóxicos e adubos químicos nas áreas agrícolas. Desta forma, aproximadamente 37% da bacia encontra-se em situação Moderadamente Estável, 51% apresenta-se Medianamente Estável/Vulnerável, 9% apresenta-se Moderadamente Vulnerável e 3% apresenta-se Vulnerável.

Tab. 6 – Classes de Vulnerabilidade Morfodinâmica Natural à Perda de Solos considerando o Grau de Proteção da Terra e respectivas áreas nas UTB's da bacia hidrográfica do rio Sagrado

Grau de Vulnerabilidade	**Área (%) UTB 1**	**Área (%) UTB 2**	**Área (%) UTB 3**
Estável	0	0	0
Moderadamente Estável	68,29	15,9	39,79
Medianamente Estável – Vulnerável	31,01	78,57	21,16
Moderadamente Vulnerável	0,7	0,06	39,05
Vulnerável	0	5,47	0

Fonte: Carta de Vulnerabilidade Morfodinâmica Natural considerando o Grau de Proteção da Terra. Org.: Andreia Q. S. de Assis, 2009

Considerando toda a bacia hidrográfica do rio Sagrado, a vulnerabilidade natural se concentra em apenas duas classes, a Medianamente Estável – Vulnerável, com 46,8% da área

total da bacia, e a classe Moderadamente Vulnerável, com 53,2% (Tab. 7). No entanto, quando se leva em conta o grau de proteção da terra a bacia passa a conter mais duas classes, a Moderadamente Estável e a Vulnerável, sendo que uma grande parte da área se concentra nas classes Moderadamente Estável e Moderadamente Estável - Vulnerável, devido a grande parte da vegetação se encontrar preservada, e uma pequena parcela nas classes Moderadamente Vulnerável e Vulnerável, isto devido a presença de pequenas áreas de vegetação de influência fluvial e fuviomarinha e de áreas agrícolas, aumentando assim a vulnerabilidade dessas áreas.

Tab.7 – Classes de Vulnerab. Morfodinâmica Natural à Perda de Solos e Vulnerab. Morfodinâmica Natural à Perda de Solos considerando o Grau de Proteção da Terra da b.h. do rio Sagrado

Grau de Vulnerabilidade	**Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos da bacia hidrográfica do rio Sagrado – Área em %**	**Vulnerabilidade Natural à Perda de Solos considerando o grau de proteção da terra da b.h do rio Sagrado – Área em %**
Estável	0	0
Moderadamente Estável	0	37,78
Medianamente Estável – Vulnerável	46,8	51,37
Moderadamente Vulnerável	53,2	8,28
Vulnerável	0	2,57

Fonte: Carta de Vulnerabilidade Morfodinâmica Natural à Perda de Solos e Carta de Vulnerabilidade Morfodinâmica Natural à Perda de Solos considerando o Grau de Proteção da Terra. Org.: Andreia Q. S. de Assis, 2009

CONCLUSÃO

1. A bacia hidrográfica do rio Sagrado apresenta média/grande vulnerabilidade à perda de solos, como se pode observar nas análises feitas no capítulo anterior. Isso se dá como conseqüência dos condicionantes ambientais que integram a área, como elevada declividade em um setor da bacia e a formação pedológica. O substrato geológico, constituído por rochas resistentes ao processo de denudação, é um elemento estabilizador da paisagem, mesmo diante de outras condições desfavoráveis. O mesmo ocorre com a cobertura vegetal, pois esta se apresenta bastante preservada, principalmente nas encostas da Serra do Mar, mostrando

que a densidade da cobertura vegetal é um fator de proteção contra os processos morfogenéticos, tornando-se necessário a preservação da mesma.

2. De maneira geral, a metodologia adotada mostrou-se satisfatória, tendo resultados coerentes com a realidade da área de estudo. Porém, a falta de dados referentes a pluviosidade da área de estudo impossibilitou a geração de uma carta de vulnerabilidade desta variável, a qual poderia ser mais um fator utilizado para a geração da carta final de vulnerabilidade à perda de solos, já que a intensidade pluviométrica influencia diretamente no processo de intemperismo.

3. Por fim, a pesquisa buscou auxiliar na identificação das áreas vulneráveis à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Sagrado e contribuir para estudos futuros referentes a bacia, por meio dos dados e cartas temáticas resultantes, bem como no aprimoramento da metodologia utilizada.

REFERÊNCIAS

BECKER, B.; EGLER, C. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro: Laboratório de Gestão do Território, 1996.

BIASE, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção.** *In:* Revista do Departamento de Geografia. v.6. São Paulo FFLCH-USP, 1995.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a Questão Ambiental. *In:* VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 225-256, 2005.

MINEROPAR. **Potencialidades e Fragilidades das Rochas do Estado do Paraná.** Curitiba: MINEROPAR, 2005.

PAULA, E. V.; CUNICO, C.; LIMA, I. L. **Caracterização Sócio-Ambiental das Bacias Hidrográficas que Drenam para a Baía de Paranaguá,** 2006. Relatório Técnico.

PAULA, E. V.; SANTOS, L. J. C.; BERTRAND, F.; ANSELME, B. **Estimativa da Vegetação Natural Potencial na Área de Drenagem da Baía de Antonina**. Floresta (UFPR), v. 38, p. 315-325, 2008.

PAULA, E. V.; CUNICO, C. O assoreamento das baías de Antonina e Paranaguá e a gestão de suas bacias hidrográficas. *In*: BOLDRINI, E. B.; SORAES, C. R.; PAULA, E. V. (Orgs.). **Dragagens Portuárias no Brasil: Licenciamento e Monitoramento Ambiental.** Antonina: Governo do Estado do Paraná; SEMA/PR; ADEMADAN; UNIBEM. p. 154-168, 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.