

## Modelado do relevo e potencial de fragilidade à erosão no Estado do Rio Grande do Sul<sup>1</sup>

Márcia Schlüter Ribeiro, Mauro Kumpfer Werlang

*Departamento de Geociências/CCNE  
Universidade Federal de Santa Maria, RS  
e-mail: mkerlang@smail.ufsm.br*

### Resumo

A exploração dos recursos ambientais desgasta a paisagem ao gerar impactos que causam a sua degradação. O conhecimento da fragilidade natural de um local permite avaliar os riscos de degradação que um ambiente pode sofrer e também possibilita conhecer o grau de tolerância que determinado ambiente pode suportar. O Estado do Rio Grande do Sul está constituído pelas províncias geomorfológicas denominadas por Ross (2005) como Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, Depressão Periférica Sul-rio-grandense, Planalto Sul-rio-grandense, Planície das Lagoas dos Patos e Mirim. Com esse conjunto o território gaúcho apresenta variadas formas de relevo e diferentes tipos de solos, convergindo para diferentes graus de fragilidade. Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo a determinação e o registro cartográfico, no Estado do Rio Grande do Sul, de áreas com diferentes graus de fragilidade natural, a partir da conformação topográfica dada pelo modelado do relevo. Os procedimentos metodológicos estiveram baseados na concepção da EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo) tomando-se como referência o fator topográfico (LS), através do levantamento do modelado do relevo, obtido a partir da metodologia proposta por Ross (1994). O fator K (erodibilidade do solo) teve como referência o levantamento de reconhecimento dos solos do Estado (Brasil, 1973). O fator R (erosividade da chuva) foi considerado como uma variável constante. Foram omitidos os fatores considerados atenuantes, (C, P) uso da terra e práticas de manejo. O levantamento do potencial de fragilidade natural foi obtido em ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas) através do cruzamento do mapa de modelado do relevo e do mapa de solos. As classes para definição do potencial de fragilidade natural foram

---

<sup>1</sup>Trabalho desenvolvido com o apoio da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS

agrupadas através da técnica do desvio quartílico (Gerardi & Silva, 1981). Os resultados obtidos mostram o predomínio do modelado do relevo com dissecação fraca no Estado, principalmente na porção Norte (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná) e ocorrências significativas no sudeste (Planalto Sul-rio-grandense). A dissecação média mostra-se predominante no Planalto Sul-rio-grandense. A dissecação forte e muito forte tem predomínio na região Nordeste do Estado (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). As áreas de aplanamento situam-se na região Oeste do Estado (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná) e as áreas de acumulação predominam na Depressão Periférica Sul-rio-grandense e Planície das Lagoas dos Patos e Mirim. O mapa obtido, considerando-se a escala de trabalho adotada, mostra a relação do modelado do relevo com as províncias geomorfológicas. O potencial de fragilidade, expresso na distribuição geográfica das províncias geomorfológicas, ilustra os distintos graus de fragilidade natural no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chaves:** paisagem; modelado do relevo; erosão; solos.

#### **Abstract**

The exploitation of environmental resources consumes the landscape when it generates impacts that cause its degradation. The knowledge of the natural fragility of a place allows to evaluate the degradation risks that an atmosphere can suffer and it also makes possible to know the degree of tolerance that certain atmosphere can support. The State of the Rio Grande do Sul is constituted by the provinces geomorphologic denominated by Ross (2005) as Plateaus and Plated of the Basin of Paraná, Outlying Depression Sul-rio-grandense, Plateau **Sul-rio-grandense**, Plain of Lagoa dos Patos and Lagoa Mirim. The territory with that group present many relief forms and different types of soils converging for different fragility degrees. In that perspective the work has as objective the determination and the cartographic registration, in the state of Rio Grande do Sul, of areas with different degrees of natural fragility starting from the topographical resignation given by the modeled of the relief. The methodological procedures were based on the conception of EUPS (Universal Equation of Losses of Soil) being taken as reference the topographical factor (LS) through the rising of the modeled of the relief, obtained from the methodology proposed by Ross (1994). The factor K (erosion degree of the soil) had as reference the rising of recognition of the soils of the State (Brazil, 1973). The factor R (erosion degree of the rain) was considered as a constant variable. The factor considered extenuating, (C, P) were omitted the use of the earth and handling practices. The rising of the potential of natural fragility was obtained in atmosphere

of SIG (System of Geographical Information) through the crossing of the map of modeled of the relief and of the map of soils. The classes for definition of the potential of natural fragility were contained through the technique of the deviation quartiles (Gerardi & Silva, 1981). The obtained results show the prevalence of the modeled of the relief with weak dissection in the State, mainly in the North portion (Plateaus and Plated of the Basin of Paraná) and significant occurrences in the Southeast (Plateau Sul-rio-grandense). The medium dissection is shown predominant in the Plateau Sul-rio-grandense. The strong dissection and very fort has prevalence in the northeast area of the State (Plateaus and Plated of the Basin of Paraná). The flattening areas locate at the area West of the State (Plateaus and Plated of the Basin of Paraná) and the accumulation areas prevail in the Outlying Depression Sul-rio-grandense and Plain of Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim. The obtained map, considering the work scale adopted, shows the relationship of the modeled of the relief with the provinces geomorphologic. The fragility potential, expressed in the geographical distribution of the provinces geomorphologic illustrates the different degrees of natural fragility in Rio Grande do Sul.

**Keywords:** landscape; modeled of the relief; erosion; soils.

## 1. Introdução

A utilização dos recursos naturais sempre foi indispensável para a sobrevivência do homem. Contudo, com o avanço dos processos tecnológicos, principalmente após a Revolução Industrial, a exploração destes tornou-se cada vez mais intensa para atender a demanda das necessidades da população. Com o intuito de obter o máximo de produção com o mínimo desgaste desses recursos é que se reconhece a importância do estudo dos fatores ambientais e de todo o sistema em que eles estejam inseridos, a fim de que sejam utilizados de forma sustentável.

O planejamento insere-se, nesse contexto, como uma ferramenta para prever e auxiliar na maneira de utilizar os recursos naturais. A formulação e aplicação de instrumentos auxiliares na gestão e no planejamento do território são facilitadas tanto pela difusão tecnológica e computacional, quanto pelo avanço de novas técnicas de análises espaciais. Nesse sentido, a aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) nos estudos ambientais constitui-se numa valiosa ferramenta de apoio.

A avaliação da fragilidade dos ambientes constitui uma técnica que auxilia no conhecimento de elementos que compõe uma paisagem. Delegam-se assim informações à gestão e ao manejo das áreas.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo geral contribuir para o entendimento do relevo como fator definidor das áreas com diferen-

te grau potencial de fragilidade à erosão. Em específico teve como objetivo a determinação de áreas com diferentes graus de fragilidade à erosão a partir da conformação topográfica, tomando-se como base o modelado do relevo e a erodibilidade do solo. Para tanto, foram caracterizados os tipos de modelado do relevo do Estado e estabelecido o potencial de fragilidade natural através da relação entre modelado do relevo e erodibilidade dos solos do Estado do Rio Grande do Sul.

## 2. Metodologia

Este trabalho teve como área base o Estado do Rio Grande do Sul e foi desenvolvido a partir da abordagem sistêmica. A metodologia cartográfica empregada obedeceu à proposta de Libault (1971), que adota os níveis da pesquisa geográfica: nível compilatório; nível correlatório; nível semântico e nível normativo.

No desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados materiais cartográficos e empregados aplicativos computacionais. O mapa base foi obtido a partir da vetorização do mapa de avaliação do relevo do projeto Radambrasil (FIBGE, 1986) e do mapa de solos (Streck et al, 2002).

Os valores relativos ao fator topográfico, que é representado pelo comprimento de rampa e pelo grau de declive, foram calculados através das medidas obtidas da dimensão interfluvial média nas colunas horizontais e o entalhamento médio dos vales nas colunas verticais, referentes à matriz dos índices de dissecação do relevo proposta por Ross (1994), conforme pode ser visualizado no Quadro 1.

Na coluna da dimensão interfluvial média, os valores mais altos dos interflúvios estão à esquerda, diminuindo para a direita. Já, nas colunas verticais, os algarismos arábicos crescem do topo para a base da matriz, do menor para o maior grau de entalhamento. Esta metodologia consiste em estudar todos os canais de primeira ordem.

Na dimensão interfluvial média, os valores são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem menor a dimensão interfluvial média. Com relação ao índice de dissecação, o menor valor numérico é a dissecação mais fraca (11) e o maior valor numérico é a dissecação mais forte (55). Dessa forma, as categorias morfométricas ficaram classificadas em:

- 1-muito fraca.....da matriz..11
- 2-fraca.....da matriz...21,22,12
- 3-média.....da matriz...31,32,33,13,23
- 4-forte.....da matriz...41,42,43,44,14,24,34
- 5-muito forte.....da matriz...51,52,53,54,55,15,25,35,45

Para o cálculo do grau de declive (S), foi empregada a seguinte equação 1:

$$\text{Tg } \alpha = h/d \quad (\text{equação 1})$$

onde:

Tg  $\alpha$  : tangente do ângulo;

h: altura da vertente (entalhamento do vale);

d: distância (dimensão interfluvial).

**Quadro 1.** Matriz dos índices de dissecação do relevo.

Entalhamento médio dos vales \ Dimensão interfluvial média	Muito grande (1) > 3.750m	Grande (2) 1.750 a 3.750	Média (3) 750 a 1.750m	Pequena (4) 250 a 750	Muito pequena (5) < 250
<b>Muito fraco (1)</b> ( < de 20m)	11	12	13	14	15
<b>Fraco (2)</b> (20 a 40m)	21	22	23	24	25
<b>Médio (3)</b> (40 a 80m)	31	32	33	34	35
<b>Forte (4)</b> (80 a 160m)	41	42	43	44	45
<b>Muito forte (5)</b> (160m)	51	52	53	54	55

Fonte: Ross(1994)

Em seguida, transformaram-se os resultados para a função inversa da tangente. Com a multiplicação do grau de declive (S) e da dimensão interfluvial média (L), obteve-se o fator topográfico para os índices de dissecação do relevo. Foi considerado o limite superior de cada classe para a obtenção do fator topográfico (Ft). No Quadro 2, estão os resultados obtidos.

O fator topográfico esteve representado pelo fator LS, da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Neste trabalho, o fator topográfico (Ft) está representado pelo modelado de dissecação do relevo, ou seja, grau de entalhamento fluvial e dimensão interfluvial. O quadro 3 traz os resultados obtidos.

Os fatores topográficos foram agrupados conforme a matriz:

1-muito fraca...Ft da matriz...1.145

2-fraca.....Ft da matriz...2.292, 2.291, 1.145

3-média.....Ft da matriz...4.583, 4.580, 4.566, 1.145, 2.289

4-forte.....Ft da matriz.....9.161, 9.142, 9.032, 8.154, 1.143, 2.272, 4.436

5-muito forte..Ft da matriz...9.161, 9.142, 9.032, 8.154, 8.154, 1.143,

2.272, 4.436, 8.154

**Quadro 2.** Resultados obtidos para o fator topográfico (Ft) considerando-se a dimensão interfluvial e o grau de entalhamento dos vales.

Entalhamento médio dos vales \ Dimensão interfluvial média	Muito grande (1) > 3750m		Grande (2) 1750 a 3750		Média		Pequena		Muito pequena	
	S	Ft	S	Ft	S	Ft	S	Ft	S	Ft
<b>Muito fraco</b> (1) (< 20m)	0°18	1.145	0°39	1.145	1°31	1.145	4°34	1.143	4°34	1.143
<b>Fraco</b> (2) (20 a 40m)	0°36	2.292	1°18	2.291	3°03	2.289	9°05	2.272	9°05	2.272
<b>Médio</b> (3) (40 a 80m)	1°13	4.583	2°36	4.580	6°04	4.566	17°44	4.436	17°44	4.436
<b>Forte</b> (4) (80 a 160m)	2°26	9.161	5°13	9.142	12°02	9.032	32°36	8.154	32°36	8.154
<b>Muito forte</b> (5) (> 160m)	2°26	9.161	5°13	9.142	12°02	9.032	32°36	8.154	32°36	8.154

Organização do autor

**Quadro 3.** Matriz dos índices de dissecação do relevo e respectivo Ft.

Entalhamento médio dos vales \ Dimensão interfluvial média	Muito grande (1) > 3.750m Ft	Grande (2) 1.750 a 3.750 Ft	Média (3) 750 a 1.750m Ft	Pequena (4) 250 a 750 Ft	Muito pequena (5) < 250 Ft
	<b>Muito fraco</b> (1) (< de 20m) Ft	1145	1145	1145	1143
<b>Fraco</b> (2) (20 a 40m) Ft	2.292	2.291	2.289	2.272	2.272
<b>Médio</b> (3) (40 a 80m) Ft	4.583	4.500	4.566	4.436	4.436
<b>Forte</b> (4) (80 a 160m) Ft	9.161	9.142	9.032	8.154	8.154
<b>Muito forte</b> (5) (160m) Ft	9.161	9.142	9.032	8.154	8.15

Organização do autor

A fim de adaptar os fatores topográficos às categorias de dissecação do relevo e facilitar o trabalho, calculou-se o fator topográfico médio

para cada classe de dissecação. A Tabela 1 mostra o resultado obtido.

**Tabela 1.** Determinação do fator topográfico médio para as classes de modelado, conforme matriz proposta.

<i>Tipo de Modelado</i>	<i>Fator Topográfico Médio</i>
Aplanamento	-
Acumulação	-
Dissecação muito fraca	1.145
Dissecação fraca	1.909,33
Dissecação média	3.432,60
Dissecação forte	6.191,42
Dissecação muito forte	6.627,55

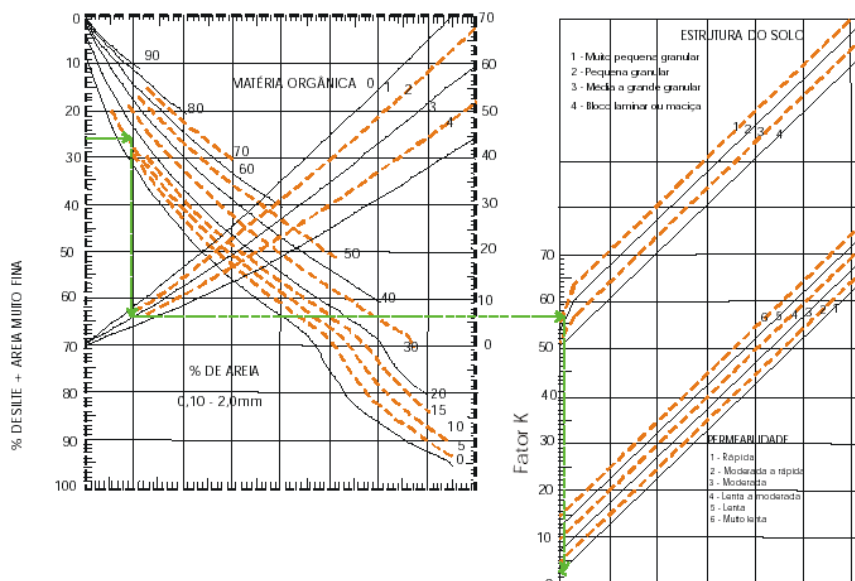
Organização do autor

Observa-se que as áreas de acumulação e aplanamento não estão consideradas, uma vez que se adotou a proposta de considerar o modelado de relevo em sua forma de dissecação.

Foram tomadas como referência para o modelado de acumulação, as áreas formadas a partir da deposição de sedimentos trazidos de áreas adjacentes mais altas, configurando a morfologia de relevos de agradação. O modelado de aplanamento está caracterizado pelas áreas levemente onduladas nas bordas dos divisores orográficos. No modelado de dissecação, foram consideradas as áreas onde se configura a morfologia caracterizada como relevos de degradação.

Para a determinação do fator de erodibilidade do solo (fator K da EUPS), foi utilizado o nomograma de Wischmeier e Smith (1978) que considera as características do percentual de silte mais areia fina; percentagem de areia; conteúdo de matéria orgânica; estrutura e permeabilidade. Essas informações foram obtidas a partir do levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul (BRASIL, 1973) e relacionadas ao mapa de solos (Streck et al, 2002), digitalizado com o objetivo de permitir a aplicação do SIG. Foram levadas em consideração as características do horizonte B. Entretanto, em solos pouco desenvolvidos, onde não há a presença do horizonte B, foram considerados os valores do horizonte C. Para o teor de silte mais areia fina, foram tomadas as porcentagens de forma separada, que foram somadas e aplicadas ao nomograma. Para a matéria orgânica, considerou-se a porcentagem de carbono. A permeabilidade foi

aplicada ao nomograma, onde as características de mal drenado, imperfeitamente drenado, moderado a imperfeitamente drenado, moderadamente drenado, bem a moderadamente drenado e bem drenado (BRASIL, 1973), foram relacionadas respectivamente com as características: muito lenta, lenta, lenta a moderada, moderada, moderada a rápida e rápida (Mitchell; Bubenzer, 1994). A Figura 1 mostra o nomograma e a Tabela 2 traz os resultados obtidos para os solos do Estado do Rio Grande do Sul.



A linha verde é um exemplo de leitura do K do solo LVd da bacia do rio Anta Gorda. Procedimento: entra-se no ábacos com os 26 % de silte + área fina, traça-se um segmento de reta até 14 % de areia, novo seguimento de reta até 2,14 % de MO, interpola-se com o segundo gráfico, até a estrutura do horizonte A, que para o caso é muito pequena granular, vai até a permeabilidade, que para o caso é rápida, e liga na coluna do gráfico obtendo o fator K de 0,03. Fonte: adaptado de RESENDE & ALMEIDA (1985)

**Figura 1.** Nomograma de Wischmeier, ilustrando a definição do fator K.  
Fonte: Domingos, J.L. (2006)

O levantamento do potencial de fragilidade à erosão natural foi obtido em ambiente de SIG através do cruzamento do mapa de modelado do relevo e do mapa de solos ( $Ft \times K$ ). As classes para definição do potencial de fragilidade natural foram obtidas e agrupadas a partir da técnica do desvio quartílico (Gerardi & Silva, 1981). Os fatores C e P foram omitidos, tendo em vista o objetivo da determinação e o registro cartográfico, no Estado do Rio Grande do Sul, de áreas com diferente grau potencial de fragilidade à erosão a partir da conformação topográfica, dada pelo mapa de avaliação do relevo do projeto Radambrasil (FIBGE, 1986) e do mapa de solos (Streck et al, 2002).



**Tabela 2.** Fator de erodibilidade do solo (K) após aplicação do nomograma de Wischmeier.

Unidade de mapeamento (BRASIL,1973)	Solos/classificação (EMBRAPA, 1999; Streck et all 2002)	FATOR K
ACEGUÁ	VERTISSOLO EBÂNICO órtico chenossólico	0,46
ALTO DAS CANAS	ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico	0,33
BAGÉ	PLANOSSOLO HÁPLICO eutrófico vértico	0,34
BANHADO	GLEISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico vértico	0,39
BEXIGOSO	LUVISSOLO HIPOCRÔMICO órtico típico	0,37
BOM JESUS	CAMBISSOLO HÚMICO alumínico típico	0,46
BOM RETIRO	ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico arênico	0,32
CALDEIRÃO	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico abruptico	0,32
CAMAQUÃ	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico	0,45
CAMBAÍ	LUVISSOLO CRÔMICO órtico típico	0,29
CARAJÁ	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico abruptico	0,31
CARLOS BARBOSA	ALISSOLO HIPOCRÔMICO argilúvico típico	0,35
CAXIAS	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico	0,29
CERRITO	LATOSSOLO VERMELHO distrófico argissólico	-
CHARRUA	NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico chernossólico	0,40
CIRÍACO	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO férrico típico	0,30
COLÉGIO	GLEISSOLO MELÂNICO eutrófico típico	0,43
CRUZ ALTA	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico	0,22
CURUMIN	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO hidromórfico típico	0,55
DURASNAL	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO eutrófico abruptico	0,43
DUROX	LATOSSOLO VERMELHO distroférrico típico	0,50
ERECHIM	LATOSSOLO VERMELHO aluminoférrico típico	0,54
ERVAL GRANDE	LATOSSOLO BRUNO alumínico típico	0,43
ESCOBAR	VERTISSOLO EBÂNICO órtico típico	0,43
ESTAÇÃO	LATOSSOLO VERMELHO distroférrico nitossólico	0,34
FARROUPILHA	CAMBISSOLO HÚMICO alumínico típico	0,43
FORMIGA	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO carbonático típico	0,37
GRAVATAÍ	ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico	0,25
GUARITAS	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico	-
GUASSUPI	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico	0,33
IBARÉ	NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico	0,27
ITAPEVA	GLEISSOLO MELÂNICO eutrófico típico	0,37

Continua...

Tabela 2. Continuação...

Unidade de mapeamento (BRASIL,1973)	Solos/classificação (EMBRAPA, 1999; Streck et all 2002)	FATOR K
ITAPOÁ	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico arênico	0,54
JÚLIO DE CASTILHOS	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO aluminico típico	0,35
LAGOA	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO hidromórfico típico	0,67
LAVRAS	NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico chernossólico	0,31
LIVRAMENTO	ALISSOLO CRÔMICO argilúvico abruptico	0,41
MANGUEIRA	PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO eutrófico solódico	0,37
MATARAZO	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico	0,51
OÁSIS	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO aluminico alissólico	0,39
OSÓRIO	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico típico	0,55
PASSO FUNDO	LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico	0,40
PEDREGAL	NEOSSOLO LITÓLICO eutrófico típico	-
PELOTAS	PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO eutrófico solódico	0,43
PINHEIRO MACHADO	NEOSSOLO LITÓLICO distrófico típico	0,37
PIRAÍ	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico vértico	0,40
PITUVA	ARGISSOLO VERMELHO distrófico típico	0,43
PONCHE VERDE	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO órtico vértico	0,45
RAMOS	ALISSOLO CRÔMICO argilúvico típico	0,39
RIO PARDO	ARGISSOLO VERMELHO distrófico latossólico	0,28
ROCIINHA	CAMBISSOLO HÍSTICO aluminico típico	0,42
SANTA CLARA	ARGISSOLO VERMELHO AMARELO distrófico arênico	-
SANTA MARIA	ALISSOLO CRÔMICO argilúvico típico	0,52
SANTA TECLA	ARGISSOLO VERMELHO eutrófico latossólico	0,31
SANTO ÂNGELO	LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico	0,47
SÃO BORJA	NITOSSOLO VERMELHO distroférico latossólico	0,47
SÃO GABRIEL	PLANOSSOLO HÁPLICO eutrófico típico	0,45
SÃO JERÔNIMO	ARGISSOLO VERMELHO distrófico típico	0,40
SÃO PEDRO	ARGISSOLO VERMELHO distrófico arênico	0,34
SEIVAL	CHERNOSSOLO EBÂNICO órtico típico	0,57
TAIM	GLEISSOLO MELÂNICO eutrófico típico	-

Continua...

Tabela 2. Conclusão.

Unidade de mapeamento (BRASIL,1973)	Solos/classificação (EMBRAPA, 1999; Streck et all 2002)	FATOR K
TALA	ALISSOLO HIPOCRÔMICO argilúvico abrupto	0,35
TUIA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico arênico	0,38
TUPANCIRETÃ	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico	0,29
URUGUAIANA	CHERNOSSOLO EBÂNICO carbonático vértico	0,35
VACACÁ	PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO eutrófico arênico	0,41
VACARIA	LATOSSOLO BRUNO aluminico câmbico	0,44
VENDA GRANDE	CHERNOSSOLO ARGILÚVICO órtico saprolítico	0,33
VERA CRUZ	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO aluminico alissólico	0,30
VILA	CHERNOSSOLO HÁPLICO órtico típico	0,35
VIRGÍNIA	LUVISSOLO CRÔMICO pálico abrupto	0,46

### 3. Resultados

#### 3.1 Caracterização do modelado do relevo

A partir da análise do mapa de modelado do relevo obtido e ilustrado na Figura 2, o modelado de acumulação constitui as áreas cuja dimensão interfluvial é maior que 3.750 metros, com grau de entalhamento fluvial menor que 20 metros. Embora isso não defina o modelado de acumulação, serve como um indicador de onde está o predomínio dessa forma de modelado do relevo. Estão predominantemente localizadas nas várzeas e planícies aluvionais, situam-se na região da Planície das Lagoas dos Patos e Mirim, Depressão Periférica Sul-rio-grandense, principalmente nas bacias do rio Ibicuí, Santa Maria e Negro. Também ocorrem na região oeste e noroeste do Estado. Ocupam 14,31% da área total e encontram-se, com exceção da região Litorânea, nas áreas circundantes dos principais rios do Estado. Caracterizam-se por apresentar processos de colúviação e deposição fluvial, onde se encontram sedimentos inconsolidados. São terrenos utilizados na produção de arroz e também empregados para a pecuária. São áreas suscetíveis a inundações periódicas.

O modelado de dissecação está representado pelas classes muito fraca, fraca, média, forte e muito forte. É caracterizado pelo grau de entalhamento fluvial e pela dimensão interfluvial. Esse modelado indica áreas com potencial de perdas, caracterizando relevos de degradação. As áreas de

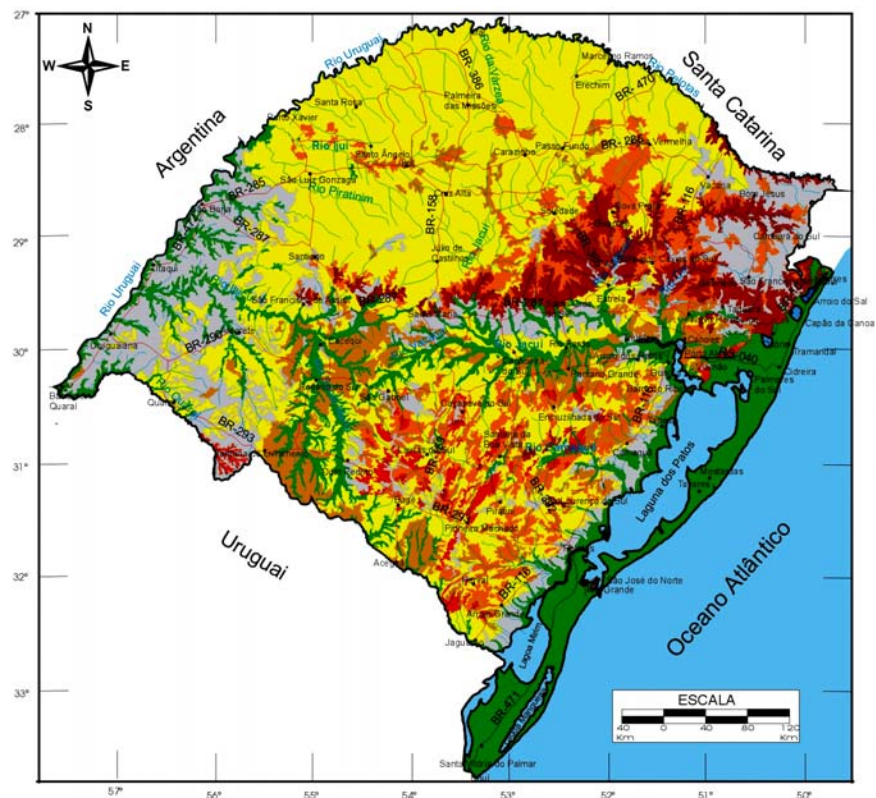
dissecação muito fraca se caracterizam por apresentar relevo suave a suave ondulado, com baixo entalhamento dos vales. São encontrados em manchas dispersas em praticamente todo o Estado, principalmente no Planalto. Representam a maior extensão verificada no Estado com 44,71% da área total. O Quadro 4 mostra a quantificação dos resultados obtidos. Na porção sul e oeste (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná), também se observa uma dispersão em pequenas áreas de ocorrência próximas das áreas de aplanamento. As áreas com dissecação fraca representam 7,12 % e localizam-se na Depressão Periférica Sul-rio-grandense (região central e sul) e, com grande expressão na região sudoeste, contornando as áreas de acumulação, onde se encontra o rio Santa Maria. Também se encontram na margem de outros rios importantes, como, por exemplo, o Jacuí.

As áreas com dissecação média ocorrem nos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, na região nordeste do Estado e na transição entre este compartimento e a Depressão Periférica Sul-rio-grandense, principalmente circundando os rios Jacuí e Taquari. No Planalto Sul-rio-grandense, as áreas com dissecação média estão em pequenas áreas dispersas, caracterizando tal província pelas suas formas desgastadas. Essa análise comprova a afirmação de Müller Filho (1970) na qual os rios situados nesses compartimentos apresentam um poder erosivo maior, minimizando-o à medida que alcança a Depressão Periférica Sul-rio-grandense. Representam 10,24 % da área total.

As áreas com dissecação forte caracterizam-se por apresentar acentuadas declividades. Localizam-se no Planalto Sul-rio-grandense e, em pequena proporção, na região nordeste do Estado. Ocupam apenas 1,91% da área total. O modelado do relevo com dissecação muito forte se distingue por mudanças abruptas no declive, concentrando-se na região dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná (nordeste e norte), principalmente na transição da Depressão Periférica Sul-rio-grandense, circundando os rios Jacuí e Taquari. Também estão presentes na transição para Planície das Lagoas dos Patos e Mirim, onde se localizam escarpas serranas. Abrangem 6,41 % da área total. São áreas que impõem limitações quanto ao uso da terra face ao elevado grau de declividade e ao alto grau de pedregosidade. São frequentes os depósitos de tálus e cicatrizes de escorregamento e rolamentos de blocos rochosos.

As áreas de aplanamento constituem-se de relevo levemente ondulado e se encontram dispersas pela região oeste (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná), grande parte do nordeste, alguns setores do noroeste (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná), e porções da região sul do Estado (Planalto Sul-rio-grandense). Ocupam 15,26% da área total. Segundo Penteado (1978), constituem áreas que estão próximas do equilíbrio de denudação. As maiores áreas de ocorrência estão localizadas na região oes-

te e nordeste, onde se localizam as províncias dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná em que, de acordo com Müller Filho (1970), a topografia se caracteriza pela presença de coxilhas.



**LEGENDA:**

- Áreas de acumulação
- Áreas de aplanamento
- Áreas de dissecção:
- Muito fraca
- Fraca
- Média
- Forte
- Muito forte

**CONVENÇÕES:**

- Rede de drenagem
- Principais rodovias
- Principais cidades
- Complexo lagunar

Base cartográfica: Mapa de Avaliação do Relevo- Projeto RADAMBRASIL elaborado por IBGE. Escala 1:1000000. 1982.

Figura 2. Mapa do modelado do relevo obtido para o Estado do Rio Grande do Sul.

**Quadro 4.** Área das classes de dissecação por tipo de modelado.

M O D E L A D O S	Dissecação	Classes	Área em (ha)	% sobre o total da área
		Muito Fraca	11.925.795,91	44,71
		Fraca	1.900.377,86	7,12
		Média	2.733.653,89	10,24
		Forte	510.424,56	1,91
		Muito Forte	1.710.511,70	6,41
	Acumulação	Acumulação	3.817.867,90	14,31
	Aplanamento	Aplanamento	4.071.873,25	15,26
	Total	26.670.505,07	100,00	

Organização do autor

### 3.2 O potencial de fragilidade à erosão

O mapa do potencial de fragilidade à erosão representa a síntese cartográfica, obtida através do cruzamento entre o mapa de modelado do relevo e o mapa de solo. Nele, foram considerados o fator topográfico (modelado do relevo) e o fator K (erodibilidade do solo). O Quadro 5 apresenta a quantificação das áreas de cada classe de potencial de fragilidade à erosão e a Figura 3 mostra o resultado obtido, espacializado no mapa do Estado.

**Quadro 5.** Área das classes de dissecação por tipo de modelado.

M O D E L A D O S	Dissecação	Classe de potencial de fragilidade à erosão	Área em (ha)	% sobre o total da área
		Fraca	12.336.055,9	46,36
		Média	4.519.307,27	16,98
		Forte	1.671.117,25	6,28
		Muito Forte	187.947,29	0,70
	Acumulação	Acumulação	3.817.867,9	14,35
	Aplanamento	Aplanamento	4.071.873,25	15,30
	Total	26.604.168,86	100,00	

Organização do autor

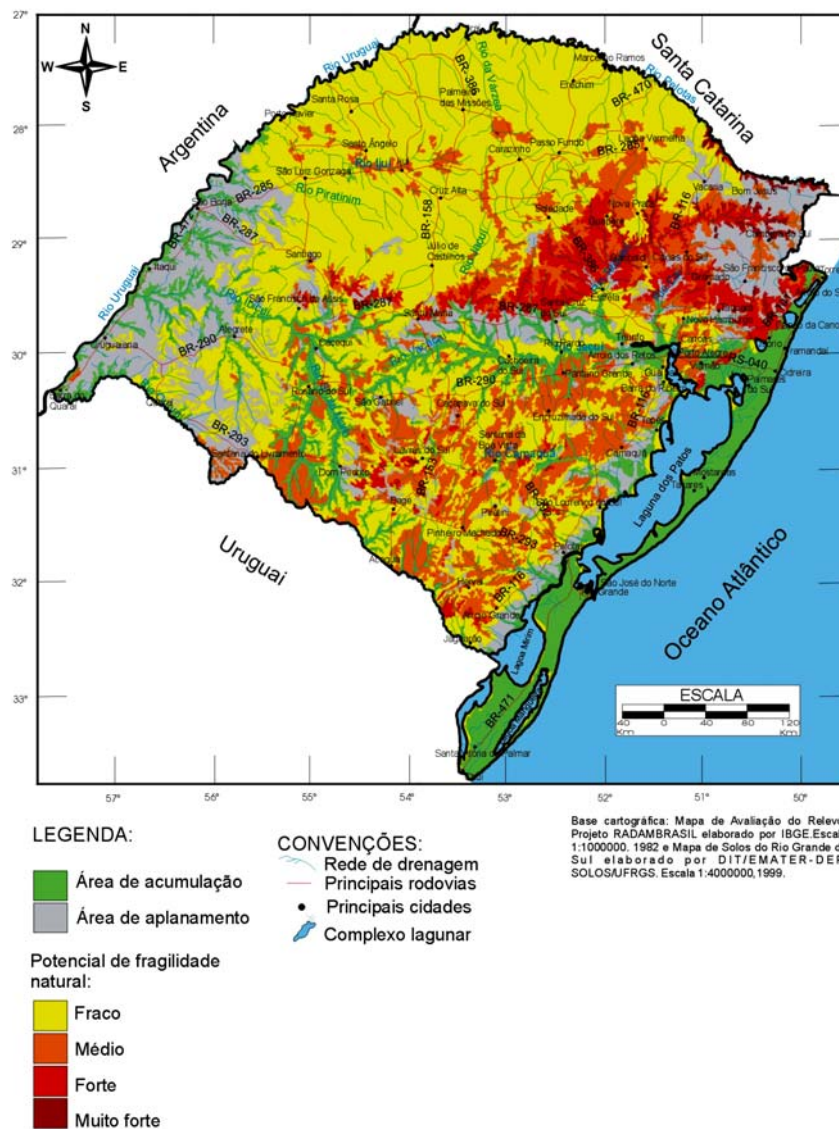


Figura 3. Mapa do potencial de fragilidade à erosão, obtido para o Estado do Rio Grande do Sul.

Observa-se o predomínio da fragilidade fraca, com proporção de 46,36% sobre a área total. Apresenta maior extensão na região norte (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). Também essa classe se faz presente em outros pontos do Estado. Ocorrem predominantemente nos modela-



dos de dissecação muito fraca, fraca e nas áreas com modelado de aplanamento. A Figura 4 mostra o aspecto das áreas com fragilidade fraca e a Figura 5 ilustra uma área de aplanamento.



**Figura 4.** Conformação da paisagem em área de fragilidade fraca na Depressão Periférica Sul-rio-grandense. (Foto do autor)



**Figura 5.** Conformação da paisagem em área de aplanamento (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). (Foto do autor)



Em relação ao potencial de fragilidade média, observa-se sua ocorrência dispersa pela região sul (Planalto Sul-rio-grandense), parte da região nordeste e em pontos isolados na região norte (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). Nesse setor, observa-se que acompanha os vales dos rios Jacuí, Taquari e Antas. Está associado à presença de solos medianamente profundos a rasos. Representa 16,98 % da área total. A Figura 6 ilustra a conformação de área caracterizada pela classe de fragilidade média.



**Figura 6.** Conformação da paisagem em área de fragilidade média. (Rebordo dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). (Foto do autor)

O potencial de fragilidade forte ocorre no nordeste do Estado (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná) e em alguns setores da porção sul (Planalto Sul-rio-grandense), representando 6,28 % da área total. Já o potencial de fragilidade muito forte ocorre em pontos isolados também no nordeste do Estado (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná) e abrange menor proporção com apenas 0,70 % da área total. Representam áreas com acentuadas declividades e grande instabilidade nas vertentes. Nelas é possível observar cicatrizes de movimentos de regolito e alguns depósitos de colúvios. Também são frequentes os depósitos de tálus e cicatrizes de escorregamento e rolamentos de blocos rochosos. A Figura 7 mostra o aspecto de uma área com forte fragilidade e a Figura 8 ilustra a conformação da paisagem com o potencial de fragilidade muito forte.

O modelado de acumulação constitui as áreas onde predomina a acumulação de sedimentos provenientes de áreas adjacentes mais elevadas.

Ocorrem nas várzeas dos cursos fluviais que recebem aporte de material de áreas adjacentes, sobretudo daquelas com modelado de dissecção. Caracterizam-se por apresentar processos de colúviação e deposição fluvial, observam-se abrangentes áreas de acumulação no litoral, na região centro e oeste. Representam 14,35 % da área total. A Figura 9 ilustra a conformação da paisagem em área de acumulação.



**Figura 7.** Conformação da paisagem em área de fragilidade forte. (Rebordo dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná). Foto do autor.



**Figura 8.** Conformação da paisagem em área de fragilidade muito forte. (Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná).Foto do autor.



**Figura 9.** Conformação da paisagem em área de acumulação em várzeas da Depressão Periférica Sul-rio-grandense. Foto do autor.

#### **4. Considerações finais e conclusão**

A partir do conjunto de formas traduzidas no presente trabalho como modelado do relevo e a definição de áreas com diferentes graus potenciais de fragilidade à erosão, foi possível evidenciar a relação de condicionantes da conformação topográfica através do modelado do relevo (dimensão interfluvial e grau de entalhamento fluvial) com a ação erosiva em superfície (erodibilidade do solo).

O resultado revela um mapa do potencial de fragilidade à erosão, obtido a partir da concepção do modelado do relevo como fator topográfico (LS) e das características da cobertura pedológica como fator de erodibilidade (K).

Predomina no Estado o potencial de fragilidade fraca. A maior concentração das classes com elevado potencial está associada às áreas dos Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, na região nordeste do Estado e na transição entre este compartimento e a Depressão Periférica Sul-rio-grandense. Ainda no Planalto Sul-rio-grandense, ocorrem em áreas dispersas.

Foi possível a determinação e a delimitação, no mapa do Estado, de áreas com diferentes graus de fragilidade à erosão e o resultado obtido destaca elevado grau de relação do modelado do relevo nessa delimitação.

## 5. Bibliografia

- GERARDI, L.H. & SILVA, B.C.N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981. 161p.
- FIBGE-FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. **Projeto Radambrasil. Folha SH-21**. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. v.33.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431p. (boletim técnico nº 30)
- DOMINGOS, J.L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica**. 2006. Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.
- MITCHELL, J.K; BUBENZER, G.D. Estimación de la pérdida del suelo. In: **Erosión de Suelos**. Kirby, M.J.; Morgan, R.P.C. Cidade de México, México: Editorial Limusa S.A/Noriega Editores, 1994. Cap. 2, p.35-88.
- MÜLLER FILHO, I.L. **Notas para o estudo da geomorfologia do Rio Grande do Sul, Brasil**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria-UFESM/Imprensa Universitária-Departamento de Geociências, 1970.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 154p.
- ROSS, J.L. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: USP – FFLCH, v. 6, p. 17-29, 1992.
- \_\_\_\_\_. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: USP – FFLCH, n. 8, p. 63-74, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003. 85p.
- \_\_\_\_\_. Os fundamentos da geografia na natureza. In: **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 2005. Cap.1, p.44-65.
- STRECK, E.D.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.V.; NASCIMENTO, P.C.do.; SCHENEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 107p.
- WISCHIMEIER, W.H & SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion losses, a guide to conservation planning**. Washinton: USDA, 1978.
- LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em Questão**. n 1, São Paulo-SP: IGEO/USP, 1971.

Submetido em: 09/março/2009

Aceito em: 11/agosto/2010