

USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLOS POR EROSÃO LAMINAR EM IRAÍ DE MINAS - MG

Jorge Luis Silva Brito

Samuel do Carmo Lima

Shigeo Shiki

Mirley Ribeiro Moreira

Universidade Federal de Uberlândia

Jbrito@degeo.ufu.br

Abstract: The aim of this paper was to estimate the soil erosion in Iraí de Minas, state of Minas Gerais through a quantitative soil loss model (USLE) and GIS. This research is part of a broader project on the evaluation of sustainability of agrobusiness systems on Brazilian Savanna area. The results showed that the surface erosion still are under acceptable level.

Keywords: Remote Sensing, Geographical Information System, Soil Erosion.

1- INTRODUÇÃO

Existe atualmente um questionamento que se faz sobre o modelo tecnológico de produção alimentar implantado nos cerrados, com grande estímulo dos programas governamentais. Apesar do aumento inicial de produtividade, induzidos pelo uso de crescente de biotecnologia, agroquímicos e maquinários, sustentado pela capitalização do campo, em muitos lugares os índices de produtividade já estão estagnados ou mesmo caindo, em razão da degradação dos solos ou de infestação de pragas ou doenças, o que demonstra um desequilíbrio ambiental. A intensidade dos impactos sociais e ambientais, bem como o seu grau de reversibilidade e as medidas que podem instrumentalizar políticas sustentáveis, são pouco conhecidos. Um dos impactos negativos resultante desse modelo tecnológico é a erosão laminar do solo. A erosão laminar é um dos processos de erosão hídrica mais comum e se refere a erosão que ocorre de forma difusa, erodindo teoricamente uma lâmina homogênea de solo.

A erosão do solo pode ser estimada de forma qualitativa ou quantitativa. Segundo Chaves (1996), as duas formas apresentam vantagens e desvantagens. A análise qualitativa tem como principal vantagem a facilidade de manipulação dos fatores selecionados em termos de grau de risco a erosão e sua posterior combinação para a obtenção dos graus de severidade erosiva. Sendo qualitativa, entretanto, a estimativa da erosão não permite a obtenção de valores numéricos, importante para a estimativa da degradação do solo e da sedimentação. Já a análise quantitativa permite a estimativa da erosão absoluta, facilitando o planejamento conservacionista. Entretanto, os modelos quantitativos exigem um maior conhecimento por parte do usuário, além de requerer mais informações do que os modelos qualitativos.

A aplicação de modelos quantitativos foi intensamente facilitada com o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas. Como exemplo deste tipo de aplicação de modelos quantitativos, temos a estimativa da perda de solo por erosão laminar realizados por Pinto

(1991), Rosa (1995) e Chaves et al. (1995). O presente trabalho teve por objetivo a estimativa de perdas de solo por erosão laminar numa área do Município de Iraí de Minas, usando um modelo quantitativo de Perda de Solo (USLE). Este trabalho faz parte de projeto que estuda os sistemas agroalimentares nos cerrados com vistas ao monitoramento e a avaliação de indicadores de sustentabilidade na região de cerrado.

2 - LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as microbacias dos córregos Pantaninho, Barro Preto e Divisa, localizadas nos municípios de Iraí de Minas e Romaria, tendo como acesso a Rodovia MG-126, que liga Iraí de Minas à Nova Ponte. Às margens desta Rodovia localiza-se o vilarejo denominado Pantaninho. Neste ponto a rodovia “serve” como divisor de águas entre as referidas microbacias, a uma altitude de 1000m. Em relação à geologia da área, verifica-se que o embasamento cristalino é constituído pelo Grupo Araxá, encontrando-se acima, o Grupo São Bento representado pelas formações Serra Geral e Botucatu (Jurássico/Cretáceo), as quais se apresentam alternadamente nesta Região. O pacote superior é constituído pelos sedimentos da Formação Marília (Cretáceo).

As microbacias dos córregos Pantaninho e Barro Preto, que ocorrem no topo plano de um chapadão sedimentar com canais de drenagem rasos e cursos d’água chamados de “veredas”, se distinguem da microbacia do córrego Divisa, com canais de drenagem mais profundos sulcando as vertentes abruptas da borda da chapada para o lado oposto, com numerosas nascentes que parecem ocorrer em grotões escondidos pela mata natural. Há uma grande disparidade entre duas microbacias da chapada e a microbacia da área dissecada, no que diz respeito à geomorfologia e os solos e, conseqüentemente em relação às formas de ocupação e exploração.

Na área compreendida pelas microbacias dos córregos Pantaninho e Barro Preto desenvolve-se uma agricultura intensiva pautada na utilização maciça de tecnologia. Esta agricultura está estabelecida sob um chapadão de declividades suaves e planas, possibilitando uma mecanização intensiva, bem como a irrigação com muitos pivôs centrais. O uso de insumos, defensivos agrícolas e maquinaria agrícola permite a exploração do solo durante o ano todo, podendo-se obter até três safras por ano na mesma área. As principais culturas exploradas são a soja, o feijão, a ervilha, o milho e também a silvicultura. Com relação a pecuária observa-se a existência de um rebanho apurado e em bom estado, pastos bem formados e utilização de silagem, inseminação artificial e ordenha mecânica. Esta agricultura está estabelecida sob um chapadão de declividades que variam de plana a suave-ondulada, com latossolos profundos, bem drenados e argilosos.

Na bacia do córrego divisa, a pecuária extensiva é a ocupação econômica mais expressiva, principalmente com a pecuária de leite. Não há utilização de tecnologias como silagem e ordenha mecânica e os pastos são de baixa qualidade ou estão em franco estágio de degradação. Uma agricultura de auto consumo é desenvolvida nas vertentes menos íngremes, onde os solos, outrora recobertos pelas florestas tropicais subperenifólias, são originalmente mais férteis

3 - MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Para estimativa da perda de solo por erosão laminar foi adotado a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) por ser o modelo mais difundido e utilizado atualmente. A USLE é definida por:

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Onde:

- A é a perda de solos em T/(ha.ano)
- R é o fator de erosividade das chuvas, em t.h.Mj.mm
- K é o fator de erosividade do solo em t.h./(M.J/mm)
- L é o fator comprimento de rampa
- S é a declividade
- C é o fator uso e manejo e
- P o fator práticas conservacionistas.

Os valores de cada parâmetro da USLE foram calculados a partir dos mapas temáticos elaborados no SIG. O Sistema de Informação Geográfica utilizado foi o IDRISI V3.0, rodando em uma plataforma windows 95 em um Pentium 100 Mhz no Laboratório de Geoprocessamento. Foram, ainda, utilizados Mesa Digitalizadora SummerGraph tamanho A0 e Plotter colorido de jato de tinta Digigraph tamanho A0. A seguir são descritos os procedimentos utilizados para geração dos mapas temáticos e para o cálculo de cada uma das variáveis da USLE.

3.1 - Elaboração dos Mapas Temáticos

Na elaboração da base de dados Georreferenciada foram confeccionados um conjunto de mapas temáticos da área de estudo. Estes mapas foram digitalizados no software Autocad-R13, exportados no formato DXF e importados para o SIG IDRISI, no qual foram feitas as operações de conversão de dados do formato vetorial para raster, cálculo de área, sobreposição, operações matemáticas, e reclassificação e geração de modelo numérico do terreno (MNT). A seguir é descrita a metodologia empregada para geração dos mapas Temáticos no IDRISI.

Mapa Planialtimético - Este Mapa foi obtido de um Mapa na escala de 1:10.000, com equidistância entre as curvas de nível de 10,00m. O mapa planialtimético foi então digitalizado no Autocad (Figura 1) e importado para o IDRISI .

Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural - Elaborado a partir da interpretação visual da imagem TM/Landsat órbita/ponto 220/073C de novembro de 1996, na escala de 1:50.000, bandas 2b3g4r (FIGURA 2). A Tabela 1 mostra a área ocupada pelas classes de uso da terra.

Tabela 1 - Área ocupada pelas classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural

Classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural	Área	
	(ha)	(%)
Cerrado	263.75	2,24
Cultura Irrigada	1241,00	10,56
Cultura Anual	4583.75	39,02
Cultura Permanente	45.25	0,38
Pastagem	1339.50	11,40
Reflorestamento	2819.50	24,00
Campo Higrófilo	1340.75	11,41
Represas	114.50	0,97
Total	11745,00	100%

Mapa de Solos - O mapa de solos utilizado foi obtido do levantamento semidetalhado de solos das microbacias Pantaninho e Divisa elaborado por Lima e Mendonça (1996), o qual foi então armazenado no IDRISI (FIGURA 3). A tabela 2 mostra a área ocupada pelas classes de solo na área de estudo.

Tabela 2 - Área ocupada pelas diferentes classes de Solos

Classes de Solos	Área	
	(ha)	(%)
Latossolo Vermelho Amarelo	8706.25	74,12
Latossolo Amarelo	215.50	1,83
Latossolo Vermelho Escuro	252.75	2,15
Litossolo	402.75	3,42
Hidromórfico	1362.50	11,60
Concreções Lateríticas	754.75	6,42
Represas	50.50	0,42
Total	11745	100%

3.2 Cálculo das variáveis da USLE no SIG

A partir dos mapas temáticos, armazenados no SIG, foram calculados os valores de cada variável da USLE utilizando o SIG IDRISI.

Erosividade das Chuvas (R) - É a capacidade de uma chuva em erodir um solo desprotegido. Ela foi calculada com base na proposição de Fournier (1960), pela seguinte equação:

$$E_i = 6.886 (p^2/P)^{0.85}$$

Onde:

- E_i é a média mensal do índice de erosão
- p é a precipitação mensal em mm, e
- P é média anual em mm.

Os dados de precipitação foram obtidos da estação climatológica da Cooperativa Mista de Irai Ltda (COPAMIL), sendo consideradas as médias mensais do período de 1985 a 1994. O valor da erosividade das chuvas calculado para a área de estudo foi igual 840,75 Ton/ha.ano (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores de precipitação média mensal e erosividade para o período: 1985 a 1994

Mês	Média Mensal (mm)	E_i(Ton/Km².ano)
Janeiro	247	156,57
Fevereiro	196	105,67
Março	174	86,31
Abril	85	25,54
Mai	32	4,89
Junho	11	0,79
Julho	17	1,66
Agosto	21	2,32
Setembro	72	19,26
Outubro	148	65,55
Novembro	233	141,79
Dezembro	310	230,38
Anual	1546	840,75

Comprimento de Rampa (L) - O fator comprimento de rampa (L) influi diretamente na perda do solo, pois rampas muito extensas podem proporcionar escoamento com velocidades elevadas. O Mapa de comprimento de rampa foi elaborado através de uma ábaco, a partir do mapa planialtimétrico (Figura 4). A tabela 4 mostra a área ocupada pelas classes de comprimento de rampa.

Tabela 4 - Área ocupada pelas classes de L

Comprimento de Rampa (m)	Área	
	(ha)	(%)
< 500	1342,50	11,43
500 a 1000	6312,75	53,74
1000 a 1500	2364,00	20,12
> 1500	1725,75	14,69
Total	11745,00	100%

Declividade (S) - As declividades foram calculadas no SIG IDRISI, utilizando as funções de geração de MNT (Figuras 5). A tabela 5 mostra as áreas para cada classe de declividade do mapa.

Tabela 5 - Área ocupada pelas classes de declividade

Classe de Declividade (%)	Área	
	(ha)	(%)
<2	7884,75	67,13
2 a 5	2092,75	17,81
5 a 10	838,00	7,13
10 a 20	694,50	5,90
20 a 40	227,25	1,93
> 40	8,75	0,07
Total	11745,00	100%

Erodibilidade dos solos (K) - Wishmeier e Mannering (1969) concluíram que a erodibilidade é o fator mais importante na predição da erosão e no planejamento do uso do solo. É uma complexa propriedade composta pela sua capacidade de infiltração e pela capacidade de resistência à fragmentação e transporte de sedimentos pela precipitação e escoamento superficial. Foram utilizados os valores de K obtidos por Bertoni e Lombardi (1985) e Chaves (1994) , de acordo com a tabela 6.

Os valores de erodibilidade dos solos foram então associados às respectivas classes de solos no Mapa de solos utilizando as funções no SIG de ponderação e reclassificação, tendo como resultado o Mapa de erodibilidade dos Solos para a área de estudo (FIGURA 6).

Tabela 6 - Valores de erodibilidade dos solos

Classes de Solos	Valores de erodibilidade	
	Bertoni & Lombardi Neto(1993)	Chaves (1994)
Latassolo Vermelho Amarelo	0,015	0,020
Latossolo Amarelo	0,015	0,020
Latossolo Vermelho Escuro	0,016	0,013
Litossolo	-	0,006
Hidromórfico	-	0,008
Concreções Lateríticas	-	0,006
Represas	0,00	0,00

Uso e Manejo do Solos (C) e Práticas Conservacionistas (P) - Os fatores C e P referem-se a participação antrópica no processo. Foram adotados os valores de C obtidos por Stein et al, 1987 (Tabela 7). Para a área de estudo considerou a prática conservacionista de plantio em curvas de nível, cujo valor de P é 0,5.

Tabela 7 - Valores de C em função das Classes de uso da Terra e cobertura vegetal natural.

Classe de uso da Terra	Valores de C
Cerrado	0,0007
Cultura Irrigada	0,12
Cultura Anual	0,20
Cultura Permanente	0,02
Pastagem	0,01
Reflorestamento	0,0001
Campo Higrófilo	0,0000
Represas	0,0000

Fonte: Stein et al. (1987)

3.3 - Integração das variáveis no SIG

Fator Topográfico (LS) - Constituído pelo comprimento de rampa (L) e pela declividade (S), representa as perdas de solos esperadas para uma unidade de área em declive qualquer em relação às perdas de 22 m de comprimento com 9% de declividade. Os valores de LS foram calculados pela equação proposta por Bertoni e Lombardi, 1985:

$$LS = 0.00984L^{0,63} S^{1,18}$$

O mapa de Fator topográfico foi obtido no SIG através da sobreposição dos mapas de Comprimento de rampa e Declividade (FIGURA 7). A tabela 8 mostra a área ocupada por cada classe de fator topográfico.

Tabela 8 - Área ocupada pelas diferentes classes de Fator Topográfico

Fator Topográfico	Área	
	(ha)	%
< 2	7968,00	67,84
2 a 4	1820,50	15,50
4 a 6	355,50	3,02
>6	1601,00	13,63
Total	11745,00	100%

Potencial natural à erosão laminar (PNE) - Representa a integração dos principais fatores naturais do meio físico intervenientes no processo de erosão laminar (Stein, 1987), dada por:

$$PNE = K.R.LS$$

A partir do cruzamento no SIG dos mapas de erosividade das chuvas (R), erodibilidade dos solos (K) e do fator topográfico determinou-se o potencial natural a erosão (Figura 8). A tabela 9 mostra os valores de potencial natural a erosão para 5 categorias.

Tabela 9 - Área ocupada pelas categorias de potencial Natural a erosão

Potencial Natural a erosão		Área	
Categoria	Ton/Km ² .ano)	(ha)	%
Fraco	< 100	5053,25	43,02
Moderado	100 a 300	2967,50	25,26
Moderado a Forte	> 300	3724,25	31,70
	Total	11745,00	100%

Perda de solo por erosão Laminar (A) - é o resultado da integração das variáveis físicas com as variáveis antrópicas, ou seja:

$$A = R.K.L.S.C.P. \text{ ou } A = PNE.C.P$$

O mapa final de perdas por erosão laminar foi então obtido pelo cruzamento do mapa de potencial natural a erosão (Tabela 10) com os valores de C (tabela 6) e P (Figura 9).

Tabela 10 - Área ocupada pelas classes de perda por erosão laminar

Perdas por erosão Laminar Ton/km ² .ano)	Área	
	(ha)	%
< 2	4915,50	41,85
2 a 12	4012,25	34,16
>12	2817,25	23,98
Total	11745,00	100%

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Tabela 5 e a Figura 5 mostra que mais de 90% da área estudo tem declividade < 10%, possibilitando assim o uso da mecanização agrícola. Apenas uma parte da área do córrego divisas apresenta declividades entre 20 e 40 %, onde predominam o uso de pastagens.

Os resultados mostraram que os valores de perda de solo por erosão laminar na área de estudo se encontram abaixo dos valores críticos, não comprometendo assim a sustentabilidade ambiental das microbacias estudadas no município de Irai de Minas

O Sistema de Informações Geográfica se mostrou como uma ferramenta muito valiosa na integração dos dados de perda de solo por erosão laminar e na geração de produtos cartográficos para avaliar e monitorar a sustentabilidade ambiental do sistema agroalimentar dos cerrados.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba, Livroceres, 1985. 392 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3ª Edição. Ícone Editora, São Paulo. 1993.
- CHAVES, H. M. L. **Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do São Francisco**. Relatório final de Consultoria. CODEVASF/FAO, Brasília.1994.
- CHAVES, H. M. L.; SILVA, P. A; CARLOS, R.J. Aplicação da USLE e SGI na predição da erosão atual e potencial a nível regional: O Caso do Vale do São Francisco. **Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Viçosa, 1995. P. 1961-1963.
- FOURNIER, F. **Climax et erosion**. Paris, Press Universitaires de France. 1960.
- LIMA, S. C.; MENDONÇA, M. **Os solos das microbacias do Pantaninho e Divisa em Irai de Minas - MG**. Sociedade & Natureza, 3(16):155-136, 1996.
- PINTO, S. A. F. **Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: Contribuição Metodológica**. São José dos Campos, INPE, 1991. (Tese, Doutorado).
- ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica**. São Paulo: FFLCH/USP, 1995 (Tese de Doutorado).
- STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A . F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Parapanema. **Anais do IV Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Marília, SP, 1987. P. 105-135.
- WISCHMEIER, W. H.; MANNERING, J. V. Relation of soil proprieties to its erodibility. **Soil Science Soc. Amer. Proc.** V. 33, 131-137.

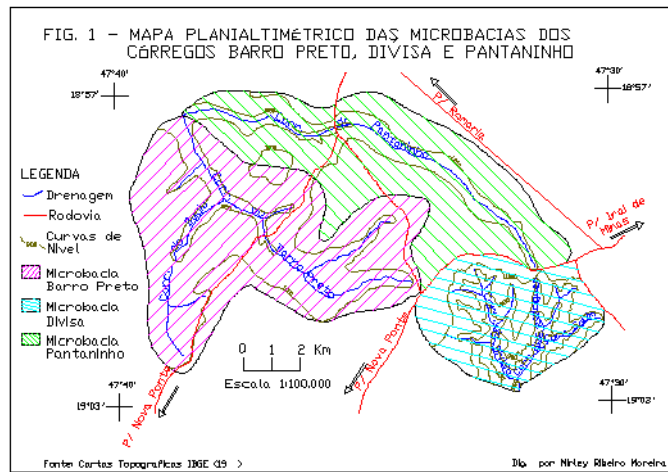


FIG. 2 - Mapa de uso da Terra e Cobertura Vegetal Natural - 1996

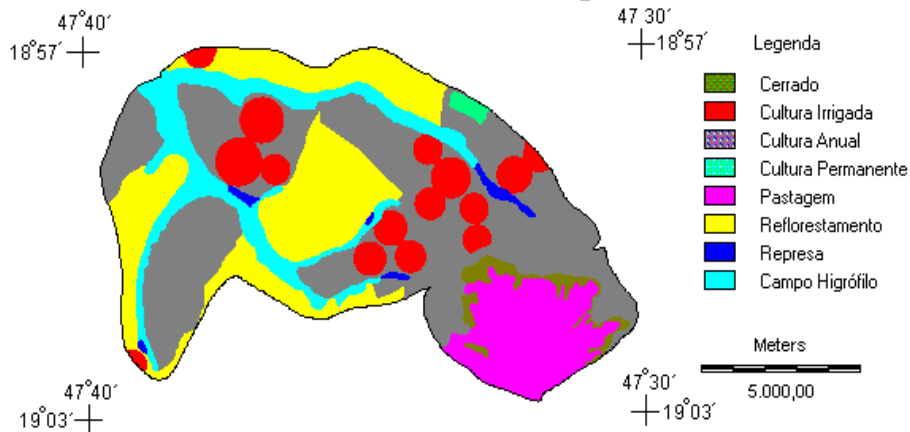


FIG.3 - Tipos de Solos -1979

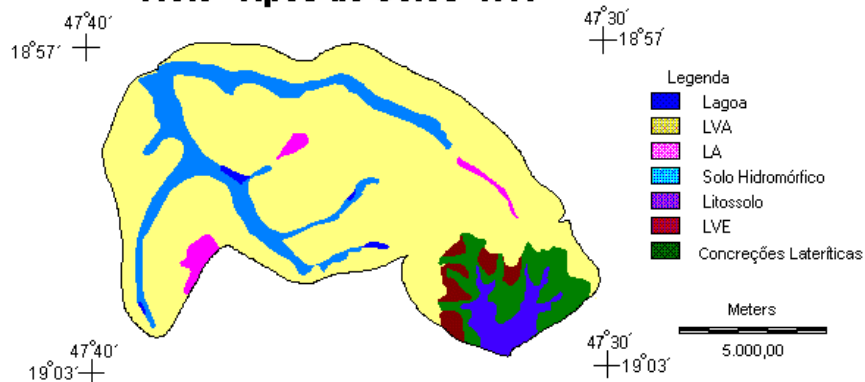
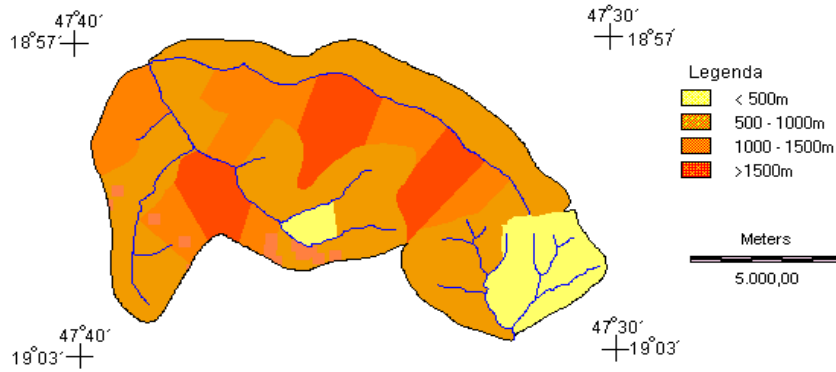
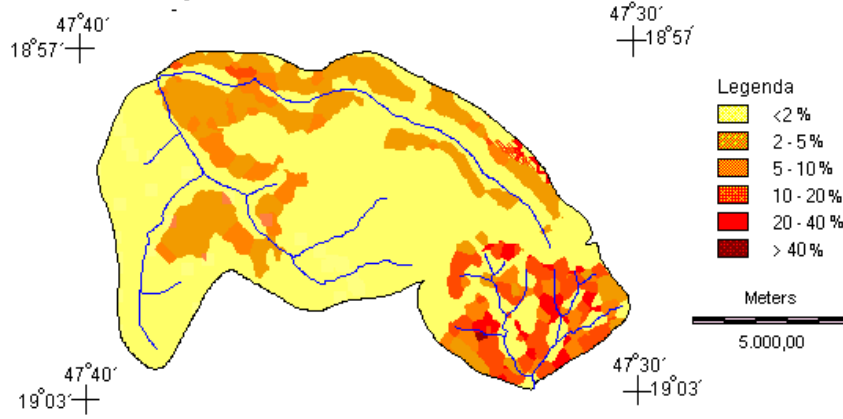


FIG.4 - Comprimento de Rampa - 1998



Elab.: J.L.S.BRITO e M. R. MOREIRA

FIG.5-Mapa de Declividade-1998



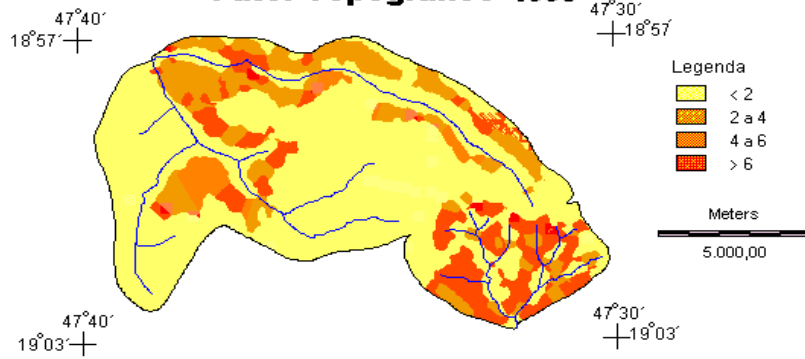
Elab.: J. L. S. BRITO e M. R. MOREIRA

FIG.6 - Erodibilidade dos Solos - 1998



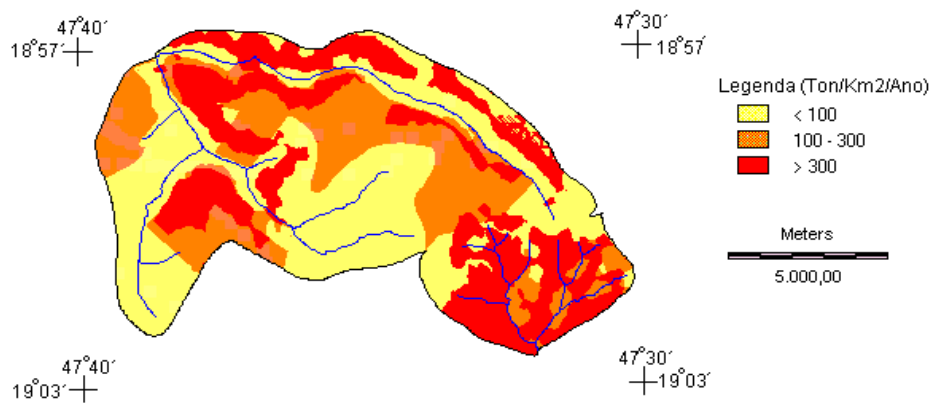
Elab.: J. L. S. BRITO e M. R. MOREIRA

FIG.7 - Fator Topográfico -1998



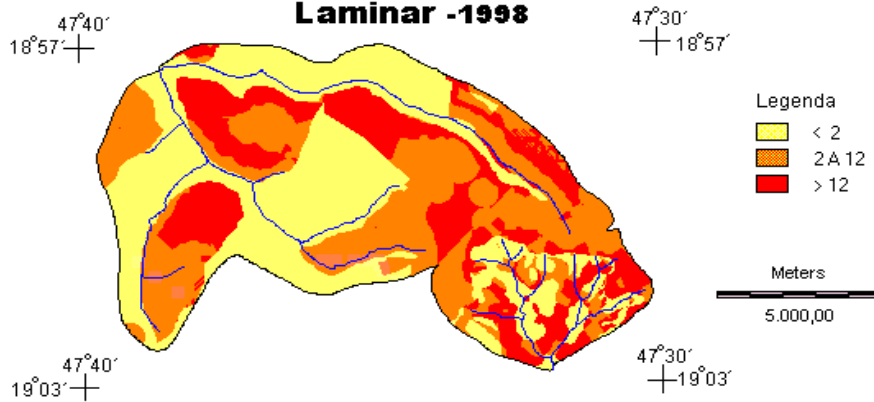
Elab.: J.L.S.BRITO e M. R. MOREIRA

FIG.8 -Potencial Natural a Erosão -1998



Elab.: J.L.S.BRITO e M. R. MOREIRA

FIG.9 -Perda de Solos por Erosão Laminar -1998



Elab.: J.L.S. BRITO e M. R. MOREIRA