

ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO POR EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO SÃO BARTOLOMEU-DF USANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

1. INTRODUÇÃO

A erosão, entendida como um processo de degradação do solo devido a atuação dos fatores naturais e antrópicos tem, cada vez mais, merecido a atenção dos pesquisadores, tanto no que diz respeito a manutenção da produtividade agrícola como no que se refere à preservação de uma forma geral.

As atividades humanas constituem o principal agente deflagrador dos processos erosivos, quando a erosão normal, causada pelos fatores naturais dá lugar á erosão acelerada, resultado da interferência antrópica.

A erosão hídrica laminar, definida como a remoção homogênea de uma capa de solos, uma forma de erosão menos perceptível e por isso mesmo a mais perigosa, pois quando é notada a perda de solos já foi significativa.

Para estudar este tipo de fenômeno dispõe-se de métodos diretos, baseados na coleta do material erodido, em campos experimentais e/ou em laboratório, ou ainda de métodos indiretos, por meio de modelagem matemática. Estes modelos podem ser associados às técnicas de geoprocessamento, que permitem análises espaciais do fenômeno, visando o planejamento racional do uso e ocupação do solo e na exposição das áreas que necessitam de adoção de práticas de controle da erosão.

Dentre esses modelos, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), proposta por Wischmeier e Smith (1978) quando espacializada por meio de um Sistema de Informação geográficas (SIG), permite uma análise da perda de solo por erosão laminar, possibilitando contextualizar os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras.

A área estudada nesse trabalho foi a Bacia do Rio São Bartolomeu, a maior do Distrito Federal, de grande importância no abastecimento de água, e em cujo limite encontra-se uma área de importância significativa definida pelo plano diretor como Área de Monitoramento Prioritário.

1.2 OBJETIVO

O geoprocessamento, entendido como um conjunto de tecnologias utilizadas na coleta e tratamento, manipulação e produção de informações, tem permitido um melhor gerenciamento de grandes áreas com rapidez, precisão e a custos bem mais baixos quando comparados a levantamentos feitos *in loco*.

Os estudos de erosão hídrica laminar contam hoje com modelos de previsão, que associados às técnicas de geoprocessamento possibilitam a previsão de perdas de solo, seleção de práticas para controle facilitando a adoção de medidas pontuais, planejamento ambiental e priorização das ações de pesquisa.

Dentro desta ótica, o presente trabalho visa utilizar o geoprocessamento para estimar a perda laminar de solos, na bacia do Rio São Bartolomeu, utilizando o Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING.

1.3 - ÁREA DE ESTUDOS

A Lei Orgânica do Distrito Federal prevê a adoção de um Sistema de Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos (SGIRH) do DF (IEMA/SEMATEC, 1994). Com este propósito, foi proposta uma metodologia para uma divisão dos recursos hídricos onde adota-se a bacia hidrográfica como a unidade central da ação das políticas de gerenciamento dos recursos hídricos (Araújo Neto e Baptista, 1995).

O mapa do SGIRH subdivide o DF em sete bacias: Lago Paranoá, Descoberto, Maranhão, Preto, Corumbá, São Marcos e São Bartolomeu, sendo esta última a maior delas.

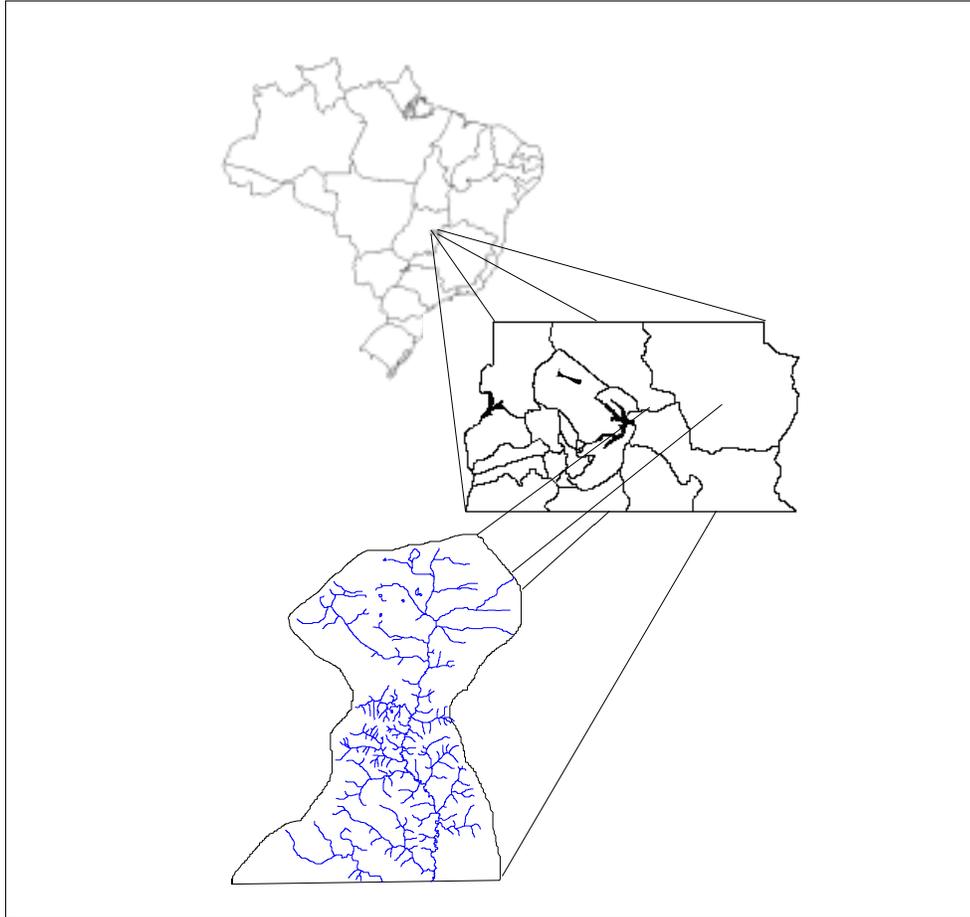


Figura 1 - Localização da área de estudos

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Equação Universal de Perda de Solo

Para quantificar as perdas de solo por erosão laminar, diversos autores desenvolveram equações empíricas, partindo de talhões experimentais e extrapolando os resultados para bacias hidrográficas inteiras. O desenvolvimento

dessas equações subsidiaram o trabalho de dois cientistas do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), W. H. Wischmeier e D. D. Smith (1978), chamada de Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS - *Universal Soil Loss Equation*), sendo provavelmente uma das mais aceitas e utilizadas para o cálculo de perdas de solo. Projetada como um método para a predição da média anual de perda de solo causada por erosão laminar, não se adequa para a estimativa para um evento pluviométrico específico (USDA, 1996). É definida por:

$$A = R . K . L . S . C . P , \text{ onde:} \quad (1)$$

A = perda de solo, em t/(ha.ano);

R = fator erosividade da chuva, em MJ.mm/(ha.h.ano);

K = fator erodibilidade do solo, em t.h/(MJ.mm);

L = fator comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional);

S = fator declividade, baseado nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional);

C = fator uso e manejo (adimensional); e

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

2.1.1- Fator R

O Fator R é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão, em uma área sem proteção (Bertoni e Lombardi Neto, 1993). Em trabalhos desenvolvidos nos Estados Unidos Wicshmeier e Smith , concluíram que o índice que possui melhor correlação com a perda de solo é produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos(Catâneo *et al.*, 1982).

Albuquerque *et al.* (1994), Bertoni e Lombardi Neto (1993), Lopes e Brito (1993), entre outros estudaram outros índices de erosividade e consideraram o EI_{30} como o que melhor se adequa á realidade intertropical.

Lombardi Neto e Moldenhauer (apud Bertoni e Lombardi Neto, 1993) propuseram a seguinte equação para determinação de um valor médio do índice de erosividade por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação:

$$EI_{30} = 67,355 (r^2 / P)^{0,85} \quad \text{onde,} \quad (2)$$

EI_{30} = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

r = média do total mensal de precipitação, em mm;

P = média do total anual de precipitação, em mm,

Para determinação de R, soma-se o resultado dos valores mensais do índice de erosividade em cada estação pluviométrica:

$$R = \sum_{J=1}^{12} EI_{30j} \quad (3)$$

2.1.2 - Fator K – Erodibilidade dos Solos

A erodibilidade do solo é a propriedade do solo que representa a sua susceptibilidade á erosão , podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes (Freire *et al.*,1992).

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993), as diferenças relacionadas ás propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais erodidos que outros ainda que variáveis como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas . Ainda de acordo com esses autores as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aqueles que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão , salpico, abrasão e transporte pelo escoamento. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (EI) Bertoni e Lombardi Neto (1993).

De acordo com Baptista (1997), esse fator pode ser determinado experimentalmente, em condições específicas de declividade e comprimento de rampa, ou de forma indireta por meio de um nomograma desenvolvido por Wischmeier *et al.*,(1971), sendo que os resultados obtidos devem ser multiplicados pelo fator de conversão 0,1317, para que possa ser utilizado no Sistema Internacional, pois em sua confecção a permeabilidade foi adotada no sistema em inglês.

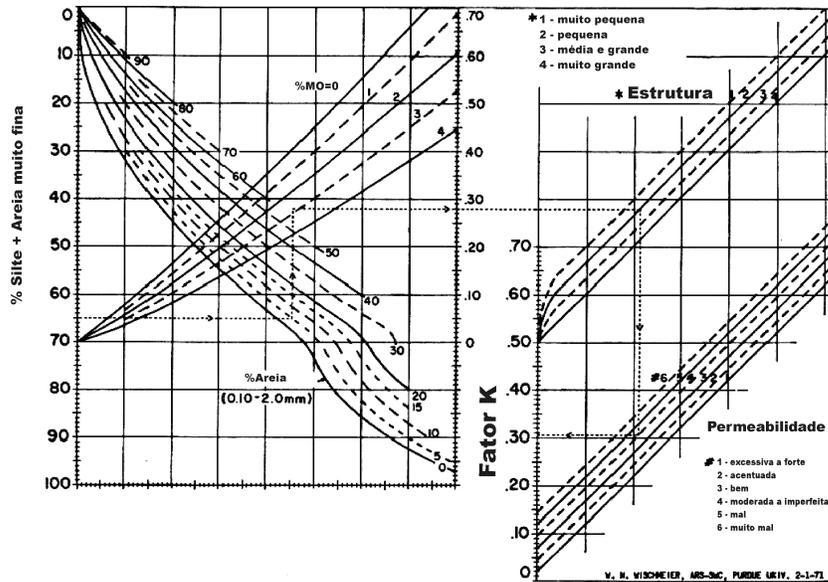


Figura 2 - Nomograma de Wischmeier *et al.*, 1971

2.1.3 -Declividade e comprimento de Rampa

Fator L- Comprimento de Rampa

O fator comprimento de rampa tem grande importância na perda de solo, uma vez que quanto maior for a sua extensão maior será a velocidade do escoamento. A EUPS, utiliza o comprimento de rampa adimensional, adotando o valor médio em metros.

Em alguns trabalhos esse fator foi obtido por medições diretas em cartas topográficas ou pela razão entre a área da bacia (m^2) e o somatório de todos os cursos de água da bacia (m), conhecido como método do retângulo equivalente modificado por Vilela e Mattos (1975).

Fator S – Declividade

O volume e a velocidade das enxurradas estão diretamente relacionadas ao grau de declividade do terreno (Bertoni e Lombardi Neto, 1993). A EUPS utiliza o fator declividade como uma das variáveis topográficas, adimensional baseada nos valores obtidos em porcentagem.

Esses valores podem ser obtidos com ábacos, manualmente sobre as bases cartográficas ou por meio do geoprocessamento, pois a maioria dos softwares possuem algoritmos de manipulação que percorrem o modelo numérico de terreno, aplicando a equação para determinação da declividade.

As duas componentes da declividade são calculadas a partir de derivadas parciais de primeira e Segunda ordem obtidas de uma grade e que são resultado dos valores de altitude da superfície. Uma janela de 3X3 se desloca sobre a grade computando os valores a cada ponto da mesma. (Sistema de ajuda *on line* do Spring).

Fator LS – Fator topográfico

Em muitos trabalhos que usam geoprocessamento na determinação dos fatores da EUPS, o fator comprimento de rampa e o fator declividade aparecem associados, representados pela variável LS. Essa associação pode ser feita por meio da equação desenvolvida por Bertoni para a cidade de Campinas, mas se que adequa bem às condições brasileiras (apud Baptista, 1997).

$$LS = 0.00984 \cdot l^{0,63} \cdot s^{1,18} \quad \text{onde,} \quad (4)$$

l = comprimento de rampa (m);

s = declividade (%).

2.1.4 - Fator Uso e Manejo e Práticas conservacionistas

Fator C – Uso e Manejo do Solo

Fator uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1993).

Fator P - Práticas conservacionistas

Trata-se da relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista ou quando a cultura está disposta no sentido do declive. Uma área sem proteção de cobertura vegetal é geralmente mais suscetível á erosão do que um que esteja recoberto por vegetação sendo que o seu efeito dependerá do tipo e fase do crescimento da vegetação associada à seqüência de culturas e ao manejo (Bertoni e Lombardi Neto, 1993)

Fator CP – Variável antrópica

De acordo com Stein *et al.*(1987), se o que se pretende é adequar as formas de produção agrícola de maneira a minimizar os efeitos negativos causados no meio físico, as variáveis antrópicas da EUPS devem ser tratadas separadamente. Mas se o objetivo é espacializar fenômenos por meio do geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P podem ser analisados de forma integrada em função do uso e ocupação do solo. Neste caso, adota-se o fator $P=1$, como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas.

Para estimar cada uma das variáveis da EUPS, de forma tradicional, é necessário uma quantidade considerável de experimentos de campo, o que representa quase a inviabilização do estudo para grandes áreas. Por essa razão torna-se necessária a utilização das técnicas de geoprocessamento, como alternativa ferramental para esse tipo de análise em escala regional.

A EUPS é empregada, com bons resultados, para pequenos talhões compatíveis com o uso agrícola, resultando na quantificação da perda de solos por erosão laminar nessas áreas. Porém, quando adotam-se áreas grandes, de escala regional, não se pode ignorar que ao longo de uma vertente ocorrem, simultaneamente, os processos de erosão e de deposição, além da erosão que se observa nos canais fluviais, o que, em conjunto, constituem uma limitação para utilização dessa equação para quantificar a erosão. Entretanto, como a mesma apresenta todos, ou praticamente todos, os fatores envolvidos no processo de erosão laminar, ela permite avaliar qualitativamente grandes áreas, determinando os diferentes graus de susceptibilidade à erosão das regiões homogêneas identificadas (Baptista, 1997). Segundo Stein *et al.* (1987) a EUPS, para grandes áreas, não deve ser empregada para a estimativa, ou mesmo para quantificação das perdas de solo por erosão laminar, e sim para uma avaliação qualitativa dessas perdas.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material utilizado

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Carta topográfica na escala de 1:100.000 folha Brasília, DSG;
- Imagem TM-LANDSAT, bandas 3, 4 e 5 em formato digital, órbita 221 ponto 71 data 27/05/96;

- Mapa de reconhecimento do Solo do Distrito Federal – EMBRAPA, escala 1:100.000 (1978);
- Dados de chuva das estações pluviométricas da Companhia de Água e Esgoto de Brasília CAESB (Tab1);

Software SPRING – INPE versão 3.4;

Tabela 1- Estações Pluviométricas da CAESB.

Código	Nome da Estação	Operação	Localização (Lat. e Long.)	Bacia Hidrográfica
01547008	ETEB Sul	jan/71 até hoje	15°49'00" S 47°55'00" W	Paranoá
01547009	ETEB Norte	dez/72 até hoje	15°45'00" S 47°53'00" W	Paranoá
01547010	Contagem	jan/71 até hoje	15°39'00" S 47°55'00" W	Paranoá
01547011	Planaltina Colégio Agrícola	jan/71 até hoje	15°40'00" S 47°43'00" W	São Bartolomeu
01547012	Papuda	jan/71 até hoje	15°58'00" S 47°40'00" W	São Bartolomeu
01547013	Taquara	jan/71 até hoje	15°37'00" S	São Bartolomeu

			47°31'00" W	
01547019	Cabeça de Veado	out/78 até hoje	15°53'00" S 47°51'00" W	Paranoá
01547020	Paranoá Barragem	nov/78 até hoje	15°47'00" S 47°43'00" W	Paranoá
01547021	Barreiro DF-15	out/78 até hoje	15°51'00" S 47°38'00" W	São Bartolomeu
01547022	Rio Preto	out/78 até hoje	15°48'00" S 47°27'00" W	Rio Preto

3.2 - MÉTODOS

- Foi criado um banco de dados geográficos que corresponde fisicamente a um diretório onde serão armazenados os dados.
- Foram definidas categorias e classes temáticas às quais pertenceriam os dados.
- Foi definido um projeto, o qual define realmente constitui a área física de trabalho. À ele é definido um nome, projeção e limites geográficos.

Tabela 2 Categorias, modelos e planos de informação do banco de dados

Banco de Dados : Bacia
Projeto: Bacia

CATEGORIA	MODELO	PLANO DE INFORMAÇÃO
Limite	Temático	Limite
Hidrografia	Temático	rios
Estradas	Temático	estradas , estradasrios
Solos	Temático	Dfsolos
SolosRecl	Temático	SoloBacia
Uso	Temático	UsodoSolo
Imagem	Imagem	bd1, bd2, bd3, bacia, Lsima, EUPSima
Altimetria	Numérico	altimetria
Declividade	Numérico	Declividade
DeclividadeTem	Temático	Declividade
Distancia	Numérico	Disriest
FatorR	Numérico	erosividade e erosividadeGR
FatorRTem	Temático	FatorR
FatorK	Numérico	Erodibilidade
FatorRTem	Temático	Erodibilidade
FatorLS	Numérico	FatorLS
FatorLSTem	Temático	LS

FatorCP	Numérico	CP
FatorCPTem	Temático	cp
EUPS	Numérico	EUPS
EUPSTem	Temático	EUPS

3.1 - Entrada de dados

A leitura da imagem foi feita a partir do módulo IMPIMA do programa SPRING. Uma vez lida, a imagem foi salva em formato GRIB, para que pudesse ser importada no SPRING. Em seguida efetuou-se o registro. No registro de uma imagem é realizada uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem com as coordenadas geográficas. No SPRING isto é feito por meio de uma transformação geométrica simples, como polinômios de 1° e 2° graus. Foram selecionados 12 pontos de controle obtidos a partir do modo tela tendo como referencia os planos de informações rios e estradas das categorias Hidrografia e Estrada respectivamente, deste modo a imagem foi integrada à base de dados existentes no SIG. O mapa de uso e ocupação do solo foi obtido a partir da interpretação visual de uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5 desta imagem, e manipulação do contraste da mesma.

- A entrada do dado de altimetria foi obtido via mesa digitalizadora, sendo portanto convertido do formato analógico para o digital.
- O mapa de drenagem da área foi obtido de maneira idêntica ao item anterior.
- O mapa de solos também obtido digitalização, sendo em seguida recortada a área da bacia e reclassificado em grandes grupos de solos.

- Os dados de erosividade da chuva foram organizados em um arquivo ASCII, sendo em seguida importados utilizando a opção “importar” do menu do SPRING.
- A manipulação e integração de dados foi realizada a partir das funções disponíveis no SIG utilizado e mediante emprego da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico.

Para representação de uma superfície real em ambiente computacional é necessário a criação de um modelo digital, que possa transmitir as características espaciais do terreno. No SPRING um MNT é criado na forma de grade de pontos regulares e irregulares.

3.1.2 - Erosividade da chuva – Fator R.

Foram selecionadas dez estações sendo que quatro delas se encontram dentro da bacia e seis em seu entorno serviram de apoio na interpolação. Para determinação desse fator foi calculada a média aritmética simples para as Estações da CAESB, com dados de 1979 a 1985. Calculadas as médias foi calculado o valor de R para cada estação pluviométrica por meio da equação 3, com EI30 calculado pela equação 2. Obtidos estes valores, foi criado um arquivo ASCII (vide apêndice) com as coordenadas de cada estação pluviométrica e os valores de R correspondentes. Este arquivo foi importado para o Banco de dados e projeto definidos anteriormente. Em seguida foi gerada uma grade triangular, a partir da qual foi gerada uma grade regular. Como a distribuição dos dados resultantes deste procedimento não foi satisfatória, procedeu-se a geração de uma grade regular a partir diretamente das amostras. Para visualização da distribuição do dado procedeu-se o fatiamento da grade obtendo-se um plano de informação temático do mesmo (erosividade).

3.1.3 - Erodibilidade dos solos

Esse parâmetro foi obtido a partir da atribuição dos valores de erodibilidade de correspondente a cada classe de solo, por meio da operação de ponderação, via linguagem LEGAL (vide apêndice). Estes valores foram obtidos por Baptista (1997) utilizando o nomograma desenvolvido por Wischmeier *et al.*,(1971).

3.1.4 - Declividade e comprimento de rampa – Fator LS

A partir das curvas de níveis digitalizadas foi gerada uma grade triangular. Desta grade foi obtida uma grade regular e, partir dessa grade foi obtida a declividade por meio da opção *Declividade* no menu do SPRING.

O comprimento de Rampa foi obtido de forma automática. Foi criado um plano de informação onde foram traçados o caminho preferencial da água, com base no plano de informação de hidrografia. Foi gerada uma grade de distâncias com resolução de 50 x 50 m. Posteriormente integrou-se a declividade com o comprimento de rampa por meio da Equação 5. usando a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico –LEGAL (vide apêndice).

3.1.5 - Fator CP – Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas

Os fatores antrópicos da EUPS foram integrados conforme a proposta de Stein *et al.* (1987), visando obtê-los a partir do uso e ocupação do solo. Partindo-se desta proposta adotou-se um valor médio para as diversas classes de agricultura, e um valor unitário para áreas degradadas, além dos valores originais da tabela.

As classes de uso e ocupação dos solo foram obtidas por meio da interpretação visual da imagem TM LANDSAT. A imagem foi registrada e em seguida importada banda a banda .Foi gerada uma imagem sintética a partir de uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5, a partir da qual foi feita a interpretação visual. As classes de uso e ocupação dos solo foram obtidas por meio da interpretação visual da imagem TM LANDSAT. Foram atribuídos valores a cada classe encontrada, de

acordo com a tabela adaptada de Stein *et al* (1987) (Tabela 2). Foi então realizada uma ponderação das classes por meio da linguagem LEGAL. (apêndice) .

Tabela 3 - Integração de CP em função das classes de uso e ocupação do solo

Grupo	Categoria	CP (adimensional)
1. Vegetação de porte alto a médio, cobertura total do terreno		0,00004
	1a. Floresta	0,00004
	1b. Vegetação secundária	0,00004
	1c. Cerradão	0,00004
	1d. Reflorestamento	0,0001
2. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura total do terreno		0,01035
	2a. Cobertura residual	0,0007
	2b. Cerrado	0,0007
	2c. Cultura permanente	0,02
	2d. Cana-de-açúcar	0,05
3. Vegetação de porte médio a baixo, cobertura parcial do terreno		0,25
	3a. Cobertura residual	0,25
	3b. Cultura perene	0,25
4. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura total do terreno		0,01
	4a. Cobertura residual	0,01
	4b. Pastagem	0,01
	4c. Cultura temporária	0,20
	4d. Campo cerrado	0,01
	4e. Campo natural	0,01
5. Vegetação de porte baixo a rasteiro, cobertura parcial do terreno		0,10

	5a. Cobertura residual	0,10
	5b. Pastagem	0,10
	5c. Cultura temporária	0,20
6. Ocupações naturais diversas	6a. Várzea	0,00
	6b. Espelho d'água	0,00
7. Ocupações antrópicas diversas	7a. Área urbana	0,00
	7b. Estrada	0,00

Fonte: Stein *et al.* (1987)

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Erosividade da chuva

A partir das médias mensais dos totais mensais e anuais das estações pluviométricas da CAESB, no período de 1979 a 1995, foram calculados os seguintes valores de R:

Tabela 4 - Erosividade da chuva para as Estações Pluviométricas da CAESB

Estação	Erosividade em MJ.mm/(ha.h.ano)
	Eq. 3.2
ETEB Sul	7683.6
ETEB Norte	7800.6
Contagem	8609.5
Planaltina - Colégio Agrícola	7523
Papuda	7793.6
Taquara	7743.8
Cabeça de Veado	8129.1
Paranoá - Barragem	7125.5
Barreiro DF-15	7878.4
Rio Preto	6932.3

Os valores de erosividade mais baixos ocorreram em áreas de relevo dissecado dos vale do rio São Bartolomeu. Esta relação está associada às barreiras geomorfológicas que podem impedir, nas calhas, uma precipitação mais intensa do que no topo das chapadas por exemplo.

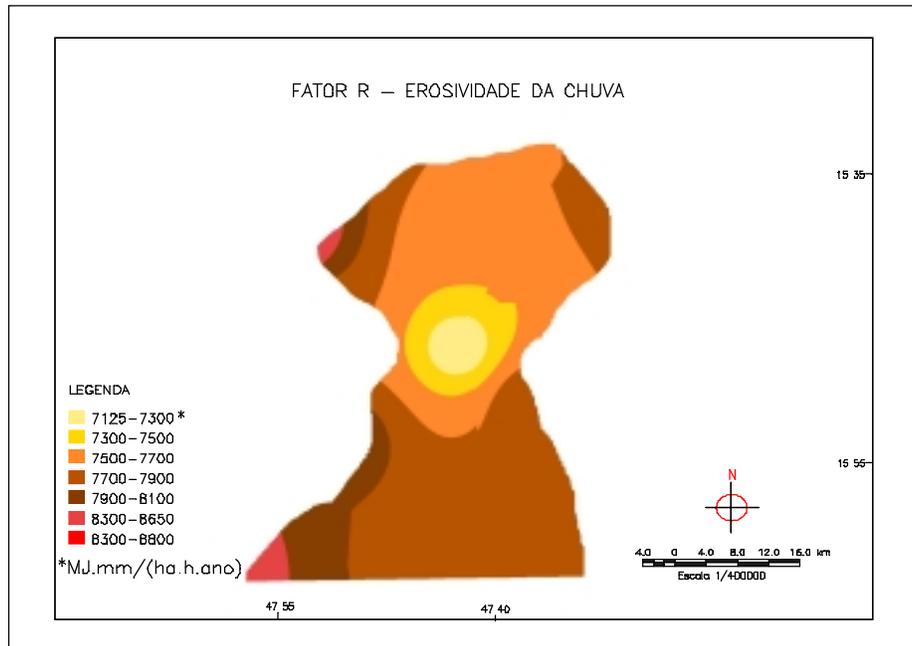


Figura 3- Erosividade da chuva

4.2 - Erodibilidade dos solos

O resultado da espacialização de K está diretamente relacionado ao mapeamento de solos do Distrito Federal, uma vez que esse parâmetro é uma propriedade intrínseca de cada classe de solo.

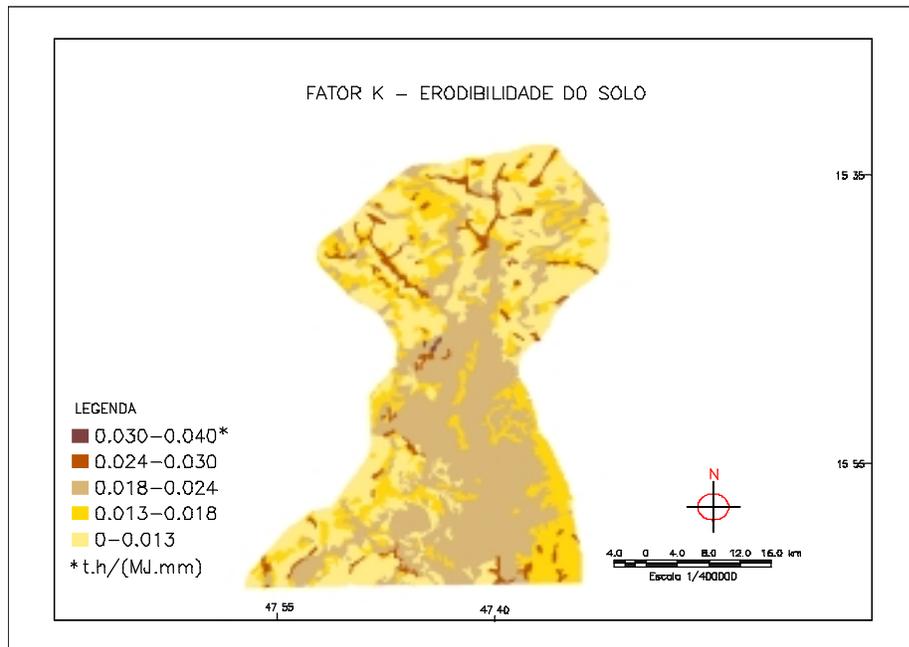


Figura 4 - Erodibilidade dos solos

Os valores de erodibilidade obtidos por meio do nomograma de Wischmeier *et al.* (1971), são expressos na tabela abaixo.

Tabela 5 - Valores de erodibilidade dos solos

Grandes grupos de solos	Erodibilidade em t.h/(MJ.mm)
	nomograma Wischmeier et al. (1971)
Latossolo vermelho-escuro	0,013
Latossolo vermelho-amarelo	0,020
Podzólico vermelho-amarelo	0,042
Podzólico vermelho-amarelo equivalente eutrófico	0,030
Terra roxa estruturada similar	0,013
Cambissolo	0,024
Aluviais	0,029
Hidromórficos indiscriminados	0,031
Areia quartzosa	0,027
Brunizem avermelhado	0,038

Fonte: Baptista, (1997).

Como pode-se observar a erodibilidade em solos profundos é mais baixas que em solos mais rasos.

4.3 - LS - Fator topográfico

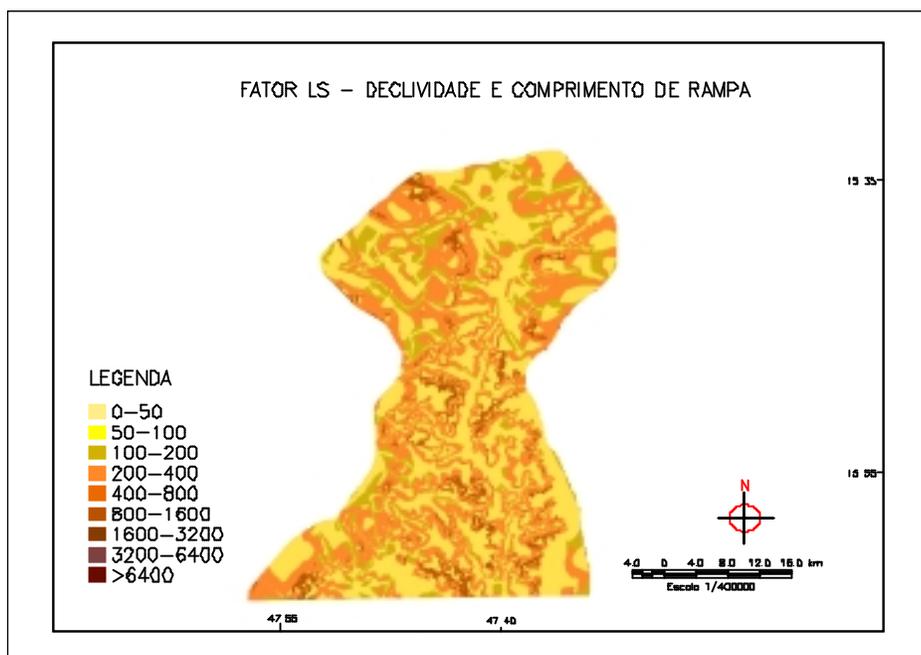


Figura 5 - Fator topográfico

O comprimento de rampa, foi gerado a partir do mapa de distância gerado a partir da função *Mapa de distância* do SPRING, considerando o caminho preferencial do fluxo. Foram considerado os cursos de água principais e também as estradas. Dessa maneira comprimento de rampa foi calculado considerando, ao contrário de outros métodos, que dentro de uma mesma vertente, dependendo da direção preferencial do fluxo, ocorrem simultaneamente processos de erosão e deposição, conforme Stein (1987). Isso significa que deveria ser calculado o comprimento de rampa para cada uma das direções do fluxo de escoamento superficial, de modo a ter esse fator distribuído, conforme proposta de Baptista (1997). Assim o comprimento de rampa estaria menos sujeito a superestimação.

4.4 - CP - Fator uso e manejo e práticas conservacionistas

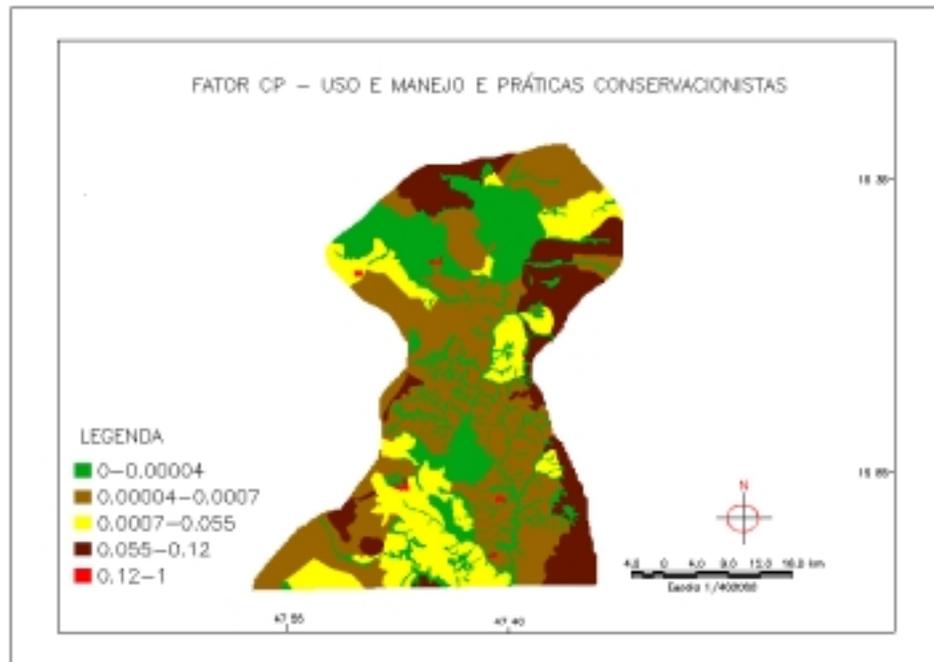


Figura 6 - Uso e manejo e práticas conservacionistas

Os fatores Uso e Manejo e práticas conservacionistas foram integrados conforme a proposta de Stein *et al.*(1987). O cartograma mostra a distribuição dos valores de CP que foram atribuídos a cada classe de acordo com a tabela adaptada.

4.5 - Perda de solo por erosão laminar

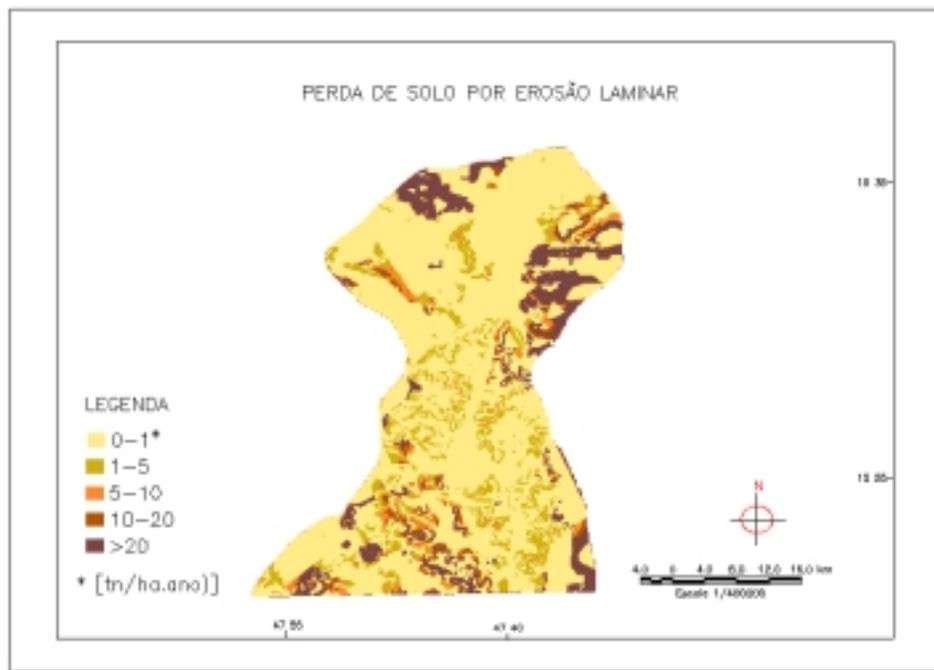


Figura 7 - Perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu

Como pode-se observar no cartograma a maior parte dos valores encontrados situam-se no intervalo entre 0 e 1 t/(ha.ano). Embora para a segunda maior classe tenha sido encontrado valores de perda de solo maior que 15 t/(ha.ano). Os maiores valores de perda de solo podem ser contextualizados com a espacialização dos fatores da EUPS, principalmente quando se compara o cartograma do uso e ocupação do solo.

Este mapa ao mesmo tempo que demonstra a eficiência de uma unidade de conservação no tocante a processos erosivos, ao mostrar a área da Estação ecológica de águas emendadas em no menor intervalo de perdas de solo, mostra também consequências da ocupação inadequada. O cartograma mostra valores altos de perda de solo na borda da lagoa Bonita, que faz parte da Estação

Ecológica de Águas Emendadas embora não dentro do seu limite contínuo. Esses valores estão relacionados principalmente ao uso agrícola da área, que dependendo do tipo ou mesmo da ausência de práticas conservacionistas pode causar sérios problemas de assoreamento e contaminação, comprometendo seriamente a lagoa.

5 - CONCLUSÃO

Este trabalho buscou avaliar as perdas de solo por erosão lamimar na Bacia do Rio São Bartolomeu, por meio da Equação Universal de Perda de Solos, desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978).

Apesar de suas limitações no aspecto quantitativo, pois além da necessidade de se melhorar a determinação de alguns parâmetros, existe ainda a necessidade de um trabalho de campo na área para calibrar o modelo, a espacialização das perdas de solo pode auxiliar na tomada de decisão, pois permite identificar áreas de monitoramento prioritário em termos de controle dos processos erosivos, para adoção de práticas conservacionistas.

De acordo com Stein, (1987), as áreas degradadas e ocupadas por agricultura são mais críticas por propiciar a perda laminar de solos, devem ser atendidas prioritariamente com técnicas conservacionistas, ajustando-se à sua capacidade de uso, de acordo com sua classe de aptidão agrícola.

Contribui ainda para priorização de ações de pesquisa que busquem avaliar os riscos associados aos diferentes usos, visando determinar as funções do ecossistema, sua resiliência e uma compatibilização entre uso e fatores ambientais.

Se cada um dos parâmetros da EUPS tivesse que ser estimado de forma tradicional, ou seja, mediante inúmeros experimentos de campo isso representaria uma limitação quando se tratasse de grandes áreas. Nesse contexto as técnicas de geoprocessamento aparecem como ferramentas alternativas para que este tipo de análise possa ser feita em escala regional, em tempo e custos muito menores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, A.W., Chaves, I.B. e Vasques Filho, J. (1994). Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regolito eutrófico de Caruaru (PE). *Rev. Bras. Ciên. Solo*. 18, 279-283.
- Araújo Neto, M.D. e Baptista, G.M.M. (1995). *Recursos Hídricos e Ambiente*. 1ª edição, Ed. do Autor / Colégio Objetivo de Brasília. Brasília.
- Baptista, G.M.M. (1997). Diagnóstico ambiental da Perda Laminar de solos por meio do geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, 112p.
- Bertoni, J. e Lombardi Neto, F. (1993). *Conservação do Solo*. 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo.
- Catâneo, A., Carvalho G.M. B. S., Vasques Filho, Lombardi Neto, F. (1992) Correlação entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva do município de Mococa - SP. *Científica*. 19: 1, 1-7.
- EMBRAPA (1978). *Boletim técnico nº 53. Anexo: Mapa do Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal*. 1ª edição, SNLCS, Brasília.
- IEMA/SEMATEC (1994). *Mapa de Unidades Hidrográficas de Gerenciamento do Distrito Federal*, 1ª edição, GDF, Brasília.
- USDA (1996). *WEPP project. Internet*, Purdue University, 3p.
- Villela, S.M. e Mattos, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. 1ª edição, Editora McGraw Hill do Brasil, São Paulo.
- Wischmeier, W.H. e Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. *Agr. Handbook*, n.537, 58p.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C. B. e Cross, B.V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Jour. Soil Wat. Conserv.*, v.26, 189-193.

APÊNDICE

- **Média dos Totais Mensais e Anuais de Precipitação das Estações Pluviométricas da CAESB (1979 - 1995)**

Estação	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ETEB Sul	233.4	172.5	192.4	130.9	33.8	11.3	3.4	14.4	54.2	153.2	231.8	226.2	1457.5
ETEB Norte	260.9	176.4	204.0	109.4	32.0	8.1	8.8	17.0	52.3	156.5	208.9	232.9	1467.1
Contagem	269.6	217.9	246.8	118.7	42.1	9.0	11.8	17.3	44.5	165.8	223.9	271.6	1639.1
Planaltina	246.3	188.2	203.6	87.9	27.7	8.7	9.2	22.4	41.4	139.0	189.7	225.7	1389.7
Papuda	244.7	191.3	175.8	94.9	32.7	7.9	8.3	18.3	37.5	135.6	222.2	258.4	1427.8
Taquara	252.0	200.4	204.4	98.7	34.5	7.2	7.0	12.0	35.5	128.0	202.6	230.3	1412.4
Cabeça de Veado	237.2	176.8	205.8	121.5	36.1	8.1	11.0	17.7	43.1	127.9	245.6	282.0	1512.9
Paranoá - Barragem	218.0	163.1	192.4	94.3	29.6	12.5	9.0	13.6	30.3	123.2	204.1	211.0	1301.1
Barreiro DF-15	259.0	185.3	218.7	100.0	32.2	10.1	9.2	15.3	48.3	124.3	219.2	237.0	1458.6
Rio Preto	202.8	171.4	184.0	100.2	24.3	4.8	5.7	16.1	25.6	103.2	182.2	215.1	1235.5

// Arquivo ASCII com valores de erosividade das chuvas

SAMPLE
INFO

//Amostras de Modelagem Numérica//Arquivo ASCII gerado pelo Sistema
SPRING//Projeto: BRASILIA - Plano de informação: mdano//Categoria: precip
- Modelo: DIGITALMODEL DATUM SAD69, 6378160.000000, 0.003353,
0.000000, 0.000000, 0.000000

PROJECTION UTM/SAD69, 1, 0.000000, -0.785398, 0.000000, 0.000000

BOX 142026.757000, 8209744.742000, 259426.757000, 8303544.742000

UNITS Metros SCALE 100000.000000

INFO_END

POINT3D

s 15 40 00 o 47 43 00 z 7523

s 15 58 00 o 47 40 00 z 7793.6

s 15 37 00 o 47 31 00 z 7743.8

s 15 51 00 o 47 38 00 z 7878.4

s 15 49 00 o 47 55 00 z 7683.6

s 15 45 00 o 47 53 00 z 7800.6

s 15 39 00 o 47 55 00 z 8609.5

s 15 53 00 o 47 51 00 z 8129.1

s 15 47 00 o 47 43 00 z 7125.5

s 15 59 00 o 48 03 00 z 8770.6

END
END

Programa em LEGAL para reclassificação do mapa de solos do Distrito Federal em grandes grupos.

```
{  
Tematico solo ("Solo");  
Tematico solorecl ("SoloRecl");  
Tabela tabrecl (Reclassificacao);  
  
tabrecl = Novo (Categorialni = "Solo",  
                CategoriaFim = "SoloRecl",  
                "led1" : "LE",  
                "led2" : "LE",  
                "led3" : "LE",  
                "led4" : "LE",  
                "led5" : "LE",  
                "led6" : "LE",  
                "lvd1" : "LV",  
                "lvd2" : "LV",  
                "lvd3" : "LV",  
                "lvd4" : "LV",  
                "lvd5" : "LV",  
                "lvd6" : "LV",  
                "lvd7" : "LV",  
                "lvd8" : "LV",  
                "lvd9" : "LV",  
                "lvd10" : "LV",  
                "lvd11" : "LV",  
                "lvd12" : "LV",  
                "lvd13" : "LV",  
                "lvd14" : "LV",  
                "pv1" : "PV",  
                "pv2" : "PV",  
                "pv3" : "PV",  
                "pv4" : "PV",  
                "pe1" : "PE",  
                "pe2" : "PE",  
                "pe3" : "PE",  
                "tre1" : "TRe",  
                "tre2" : "TRe",  
                "tre3" : "TRe",  
                "bv" : "BV",
```

```
"cd1" : "Cd",
"cd2" : "Cd",
"cd3" : "Cd",
"cd4" : "Cd",
"cd5" : "Cd",
"cd6" : "Cd",
"cd7" : "Cd",
"cd8" : "Cd",
"cd9" : "Cd",
"cd10" : "Cd",
"cd11" : "Cd",
"cd12" : "Cd",
"cd13" : "Cd",
"cd14" : "Cd",
"cd15" : "Cd",
"cd16" : "Cd",
"cd17" : "Cd",
"cd18" : "Cd",
"cd19" : "Cd",
"ade" : "A",
"hi1" : "Hi",
"hi2" : "Hi",
"hi3" : "Hi",
"hi4" : "Hi",
"hld" : "Hi",
"hpd" : "Hi",
"aqd1" : "AQ",
"aqd2" : "AQ",
"plano" : "urbano",
"lago" : "Lagos",
"gama" : "urbano",
>tag" : "urbano",
"braz" : "urbano",
"desc" : "Lagos",
"barr" : "Lagos",
"plan" : "urbano",
"sob" : "urbano",
"bonita" : "Lagos",
"nn" : "urbano",
"ss" : "urbano");
```

```
solo = Recuperar (Nome = "dfsolo1");
solorecl = Novo (Nome = "Solos", ResX= 50, ResY=50, Escala = 100000);
solorecl = Reclassifique (solo, tabrecl);
```

```
}
```

// Programa em Linguagem Legal para integração dos Fatores L e S

```
{
Numerico decliv ("Declividade");
Numerico rampa ("Distancia");
Numerico LS ("LS");

decliv = Recuperar (Nome = "declividade");
rampa = Recuperar (Nome = "distancia");
LS = Novo (Nome = "FatorLS", ResX=50, ResY=50, Escala=100000, Min=0,
          Max=30707.9199);

LS = 0.00984*rampa^0.63* decliv^1.18;

}
```

//Programa em LEGAL para ponderação das classes de uso e ocupação do solo

```
{
Tematico uso ("Uso");
Tabela cpu (Ponderacao);
Numerico cp ("FatorCP");

uso = Recuperar (Nome = "UsodoSolo");
cpu = Novo (Categorialni = "Uso",

"Mata de Galeria" : 0.00004,
"Cerradao" : 0.00004,
"Cerrado" : 0.00070,
"Campo" : 0.01000,
"Reflorestamento" : 0.00010,
"Agricultura" : 0.12000,
"Urbano" : 0.0000,
"Loteamento" : 0.0000,
"Areas Degradadas" : 1.0,
"Lagos" : 0.000);

cp = Novo (Nome = "CP", ResX=30, ResY=30, Escala = 100000, Min=0, Max=1);
cp = Pondere (uso,cpu);

}
```

//Programa em LEGAL para integração dos fatores da EUPS

```
{
Numerico R ("FatorR");
Numerico K ("FatorK");
```

```
Numerico LS ("FatorLS");  
Numerico CP ("FatorCP");  
Numerico EUPS ("EUPS");
```

```
R = Recuperar (Nome = "erosividadeGr");  
K = Recuperar (Nome = "FatorK");  
LS = Recuperar (Nome = "FatorLS");  
CP = Recuperar (Nome = "CP");
```

```
EUPS = Novo (Nome = "EUPS", ResX=50, ResY=50, Escala=100000, Min=0,  
Max=2000);
```

```
EUPS = R*K*LS*CP;
```

```
}
```

