

**Saulo Pedrinha Guimarães**

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO SUPORTE AO  
PLANEJAMENTO AMBIENTAL: ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLO  
PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Trabalho de Final de Curso  
(Geologia)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2008



UFRJ

**Saulo Pedrinha Guimarães**

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO SUPORTE AO PLANEJAMENTO  
AMBIENTAL: ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLO PARA O ESTADO DO RIO DE  
JANEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientador:

José Carlos Sícoli Seoane

Rio de Janeiro  
Fevereiro - 2008

GUIMARÃES, Saulo Pedrinha

**O Uso do Geoprocessamento no Suporte ao Planejamento Ambiental: Estimativas de Perda de Solo para o Estado do Rio de Janeiro** / Saulo Pedrinha Guimarães- - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2008.

x, 30 p. : il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2008.

Orientador: José Carlos Sícoli Seoane

1. Geologia. 2. Geologia Regional e Econômica – Trabalho de Conclusão de Curso. I. José Carlos Sícoli Seoane. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências.

Saulo Pedrinha Guimarães

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NO SUPORTE AO PLANEJAMENTO  
AMBIENTAL: ESTIMATIVAS DE PERDA DE SOLO PARA O ESTADO DO RIO DE  
JANEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de  
Graduação em Geologia do Instituto de  
Geociências, Universidade Federal do Rio  
de Janeiro – UFRJ, apresentado como  
requisito necessário para obtenção do grau  
de Bacharel em Geologia.

Orientador:

José Carlos Sícoli Seoane

Aprovada em: 22.fevereiro.2008

Por:

---

Orientador: D.Sc. José Carlos Sícoli Seoane (UFRJ)

---

M.Sc. Nelson Zamboni Júnior (Lab2M/COPPE)

---

D.Sc. Gerson Cardoso da Silva Jr. (UFRJ)

UFRJ  
Rio de Janeiro  
2008

## **Agradecimentos**

Este trabalho é parte das atividades de estágio na Embrapa Solos no Projeto “Estratégias e Ações para Conservação da Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro”, financiado pelo Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), Conservação Internacional (CI) e Rede para Conservação da Mata Atlântica.

Agradeço ao pesquisador D.Sc. Thomaz Corrêa e Castro da Costa pelos ensinamentos e parcerias.

Agradeço aos meus pais.

Agradeço a Deus.

## Resumo

GUIMARÃES, Saulo Pedrinha. **O Uso do Geoprocessamento no Suporte ao Planejamento Ambiental: Estimativas de Perda de Solo para o Estado do Rio de Janeiro**. 2008. x, 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A natureza exerce papel fundamental na existência da humanidade, porém no processo de ocupação humana foram nítidas as alterações ocasionadas ao meio ambiente, a situação atual de perturbação tende a piorar, visto que o crescimento populacional é o fator que mais pressiona a demanda por recursos naturais e alimentos. Mudanças devem ocorrer na sociedade para suprir essa demanda. O planejamento ambiental é o método mais eficiente para lidar com tais mudanças. O Estado do Rio de Janeiro apresenta uma diversidade de ambientes: áreas urbanas e industriais, baixadas litorâneas, Serras, Mar de Morros e grandes vales, onde é possível encontrar usos da terra que variam da agricultura em larga escala (cana de açúcar), pecuária extensiva, pequenos pólos agrícolas, até grandes fragmentos conservados da mata atlântica. Para obter um diagnóstico da vulnerabilidade ambiental que considere as características geomorfológicas, pedológicas, associadas a fatores climáticos e ao uso e ocupação da terra, a utilização do geoprocessamento é de grande importância. A relativa facilidade do uso, sua abrangência e qualidade de resultados fazem desta ferramenta um grande aliado para o planejamento ambiental. Neste trabalho foi usada a Equação Universal de Perda de Solo em ambiente SIG, este modelo é usual para estimativa de erosão laminar, indicadora de vulnerabilidade do terreno, e que foi aplicada para todo o Estado do Rio de Janeiro. Verificou-se que 68,59% das terras apresentam perdas muito baixas, com valores inferiores a 10 ton/ha.ano; aproximadamente 19,09% apresentam perdas baixas com valores entre 10 e 50 ton/ha.ano, 5,97% com perdas moderadas entre 50 e 100 ton/ha.ano, 3,67% com perdas de solo alta entre 100 e 200 ton/ha.ano e 2,68% das terras apresentam perdas muito altas com valores acima de 200 ton/ha.

Palavras-chave: geoprocessamento, planejamento ambiental, EUPS

## Abstract

GUIMARÃES, Saulo Pedrinha. **The Use of Geoprocessing to Support Environmental Planning: Soil Loss Estimatives in Rio de Janeiro State.** 2008. x, 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The nature plays basic part in the existence of the humanity, however in the process of human occupation there were clear the alterations caused to the environment, the current situation of perturbation has a tendency to get worse, since the population growth is the factor that more presses the demand for natural resources and foods. Changes must take place in the society to provide this demand. The environmental planning is the most efficient method to deal with such changes. The State of Rio de Janeiro presents a diversity of environments: coastal lowlands, mountains and great valleys, where it is possible to find uses of the land that vary of the agriculture in wide scale (sugar-cane), extensive cattle-raising, small agricultural poles, up to great preserved fragments of the Atlantic forest. To obtain a diagnosis of the environmental vulnerability that considers the geomorphologic and pedologic characteristics, associated to climatic factors and to the use and occupation of the land, the use of the geoprocessing is quite important. The relative easiness of the use, his range and quality of results make this tool a great ally for the environmental planning. In this work there was used the Universal Soil Loss Equation in GIS environment, this model is usual to estimate laminare erosion, revealing the vulnerability of the land, and what was applied for the whole State of the Rio de Janeiro. Was checked that 68,59 % of the lands presents very low losses, with inferior values to 10 ton/ha.ano; approximately 19,09 % presents low losses with values between 10 and 50 ton/ha.ano, 5,97 % with moderated losses between 50 and 100 ton/ha.ano, 3,67 % with high losses of soil between 100 and 200 ton/ha.ano and 2,68 % of the lands presents very high losses with values above 200 ton/ha.

Key-Words: geoprocessing, environmental planning, USLE

## Lista de Figuras

1. Espacialização do fator R em MJ.mm/ha.h.ano, para o Estado do Rio de Janeiro (valores por estação pluviométrica e interpolados).....	15
2. Agrupamento das unidades de mapeamento de solo para o Estado do Rio de Janeiro.....	16
3. Espacialização do fator K - erodibilidade do solo, em ton.h/MJ.mm, para o Estado do Rio de Janeiro.....	16
4. Espacialização do fator LS para o Estado do Rio de Janeiro.....	17
5. Mapa de uso e cobertura do solo.....	19
6. Espacialização do fator C (uso e manejo do solo) para o Estado do Rio de Janeiro.....	19
7. Mapa de perda de solo em ton/ha.ano para o Estado do Rio de Janeiro.....	21



## Lista de Tabelas

1. Dados de entrada da Equação Universal de Perda de solo.....	9
2. Graus de limitação devidos à erodibilidade.....	11
3. Média ponderada de K para a unidade de mapeamento PAX3.....	12

## Sumário

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vi
<i>Abstract</i> .....	vii
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas .....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO.....	5
2.1 Erosividade da Chuva (fator R).....	6
2.2 Erodibilidade do Solo (fator K).....	7
2.3 Fator Topográfico (fator LS).....	7
2.4 Uso e Manejo do Solo (fator C).....	8
2.5 Práticas Conservacionistas (fator P).....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Erosividade da Chuva (fator R).....	9
3.2 Erodibilidade do Solo (fator K).....	10
3.3 Fator Topográfico (fator LS).....	12
3.4 Uso e Manejo do Solo (fator C).....	12
3.5 Práticas Conservacionistas (fator P).....	13
3.6 Análise Espacial de Dados.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
Referências bibliográficas .....	23
Anexo A - Índices de erosividade mensal e anual para as estações pluviométricas do Estado do Rio de Janeiro.....	26
Anexo B - Fatores K para as unidades de mapeamento de solo do Estado do Rio de Janeiro.....	27
Anexo C - Unidades de mapeamento de solo para o Estado do Rio de Janeiro.....	28
Anexo D - Fatores C para as classes de uso e cobertura do solo do Estado do Rio de Janeiro.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

A natureza exerce papel fundamental na existência da humanidade. Além de ser fonte de recursos energéticos, o suprimento das necessidades básicas do homem provém dos recursos naturais, tanto no aspecto fisiológico, como o consumo de água e alimentos, como nos mecanismos de proteção, que incluem vestimenta, habitação e medicamentos. A convivência do homem com a natureza, portanto, deveria ser harmoniosa devido a sua relação de dependência, mas processos históricos de ocupação desordenada respondem pela atual situação de degradação dos recursos naturais (Fujihara, 2002).

No processo de ocupação humana, foram nítidas as alterações ocasionadas ao meio ambiente, inicialmente com a retirada sistemática da vegetação nativa e posteriormente pela formação e crescimento dos centros urbanos. Esse desmatamento foi feito de modo desordenado, não levando em consideração a capacidade de uso das terras e prevalecendo fatores de ordem econômica.

A situação atual de perturbação do meio ambiente tende a piorar, visto que o crescimento populacional é o fator que mais pressiona a demanda por alimentos e outros recursos naturais essenciais, levando o homem a buscar novas soluções para atingir os níveis de produção requeridos (Fujihara, 2002). A população mundial de aproximadamente 1 bilhão de habitantes em 1800 dobrou sucessivamente nas décadas de 20 e 70 do século XX, atingindo 6 bilhões em 2000. As estimativas indicam que o planeta terá entre 8 a 9 bilhões de habitantes em 2025, ou seja, mudanças devem ocorrer na sociedade para suprir essa demanda futura no ponto de vista de ocupação territorial, na distribuição de alimentos assim como na

racionalização do uso dos recursos naturais e sua reciclagem. O planejamento talvez seja o método mais eficiente para lidar com tais mudanças.

Em um sentido amplo, planejamento é um método de aplicação, contínuo e permanente, destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade situada em um determinado espaço, em determinada época, através de uma previsão ordenada capaz de antecipar suas ulteriores conseqüências (Carvalho, 2000).

Os planejamentos ambientais são elaborados como sistemas estruturados que envolvem as etapas de: a) definição dos objetivos; b) diagnóstico; c) prognóstico e identificação de alternativas; d) tomada de decisão e d) formulação de diretrizes, metas e políticas (Santos et al., 1997). O processo de tomada de decisão de um planejamento é uma tentativa racional de escolher as melhores alternativas, sustentadas tecnicamente pelas informações geradas através dos dados disponíveis e dos modelos adotados, para atingir o objetivo proposto.

O uso de novas tecnologias no planejamento ambiental tornou-se de extrema importância nos últimos anos, principalmente com a popularização e acesso cada vez mais facilitado à computadores de alta performance. O geoprocessamento ocupa um papel importante neste contexto, podendo ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo definido. As atividades envolvendo o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos mais comumente chamados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Segundo Câmara (1995) um SIG é um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas.

A erosão do solo é um fenômeno que tem preocupado o homem nas últimas décadas, despertando grande interesse de muitos pesquisadores no que se refere às causas que levam a sua origem, evolução e controle, em razão desta atingir e inutilizar extensas áreas de terras, levando, até mesmo, a uma descaracterização completa do meio físico.

Embora os processos erosivos sejam estudados em vários países, seus mecanismos ativadores, bem como as condições predisponentes, são variáveis e específicos para cada região. Geralmente, estes dependem de uma gama de fatores naturais como o clima, as condições de relevo, a natureza do terreno (substrato rochoso e materiais inconsolidados) e a cobertura vegetal (Rodrigues & Nishiyana, 2001).

Diante deste contexto, para minimizar o problema ambiental causado pela erosão, o planejamento do uso racional dos solos tem sido feito por meio da Equação Universal de Perdas de Solos – USLE (Wischmeier & Smith, 1978), que quando espacializada por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite uma análise da perda de solo por erosão laminar, possibilitando situar os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras e dar suporte ao planejamento estratégico.

Assim este trabalho se propôs a estimar perdas de solo em uma escala regional para o Estado do Rio de Janeiro. Busca-se, com este trabalho, não uma aferição precisa de perda de solo por região, tendo em vista a escala dos dados considerados, cuja maior resolução tem uniformidade de área definida por uma parcela 90 x 90 m, mas sim a indicação qualitativa das regiões mais vulneráveis, que podem ser elencadas para intervenção se categorizadas como relevantes do

ponto de vista da conservação do meio ambiente, ou da importância agropecuária para a economia Fluminense.

O estado do Rio de Janeiro apresenta um relevo bastante acidentado. No sentido sudoeste nordeste, de maneira aproximada, sucedem-se em faixas estreitas os três componentes principais do quadro morfológico do estado: as baixadas, os maciços litorâneos e o planalto.

As baixadas litorâneas são planas, apenas entalhadas pelos rios, e mais para o interior dão lugar a morros argilosos, onde as rochas do cristalino se acham profundamente decompostas.

Os maciços litorâneos estendem-se desde Cabo Frio até a porção oriental da Baía de Guanabara em meio à Baixada Fluminense, formando um alinhamento com 200 a 500m de altitude.

O planalto ocupa a maior parte do território e seu rebordo oriental é formado pela Serra do Mar, que atravessa o estado do Rio de Janeiro acompanhando o seu litoral. Inicia-se ao norte do estado de Santa Catarina e se estende por mais de 1.000km até o norte do estado do Rio de Janeiro. Ao longo desse percurso, recebe diferentes denominações, como Serra da Bocaina, ao sul do estado, Serra da Estrela e serra dos Órgãos, ao fundo da baía de Guanabara. Na Serra dos Órgãos, as elevações chegam a mais de 1.000m. O planalto decai suavemente para o interior até o vale do rio Paraíba do Sul. Para além desse vale e seguindo aproximadamente a divisa com Minas Gerais, encontra-se a Serra da Mantiqueira, que apresenta as maiores altitudes do estado (IBGE, 2003).

## 2 A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO

Os fatores que influenciam a perda de solo são: a erosividade, medida pela intensidade e energia cinética da chuva; a erodibilidade, determinada pelas características físicas, químicas e morfológicas do solo; a cobertura vegetal, pela sua maior ou menor proteção do solo; os declives e comprimentos das encostas, as práticas de conservação e o uso e manejo do solo (Alvares & Pimenta, 1998).

Com a identificação destes fatores, estimativas de perda do solo por erosão laminar podem ser obtidas por uma equação empírica, desenvolvida com base em experimentação de campo por pesquisadores do Serviço de Pesquisa Agrícola (ARS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), denominada “Equação Universal de Perda de Solo” - EUPS ou *Universal Soil Loss Equation* - USLE (Wischmeier & Smith, 1978).

A EUPS é constituída dos seguintes fatores:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

onde:

A = Perda de solo, em ton/ha.ano;

R = Fator erosividade da chuva, em MJ.mm/ha.h.ano;

K = Fator erodibilidade do solo, em ton.h/MJ.mm;

LS = Fator topográfico, adimensional;

C = Fator uso e manejo do solo, adimensional; e

P = Fator práticas conservacionistas, adimensional.

A determinação de cada variável da EUPS é feita, portanto, de forma independente, sem considerar os demais fatores.

## 2.1 Erosividade da Chuva (fator R)

É um índice que mede a capacidade da chuva para erosão em um solo exposto, sendo sua melhor mensuração dada pelo produto da energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos (Lombardi Neto & Moldenhauer, 1980; Bertol, 1994, Moreti et al., 2003).

O índice de erosividade médio anual, isto é, o fator R para um local, é o somatório dos valores médios dos índices de erosividade mensais ( $EI_{30}$ ) utilizando somente os totais mensais de precipitação, os quais são disponíveis para muitos locais.

Deste modo, foi desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980, citados por Bertoni & Lombardi Neto, 1993), uma função para determinação de um valor médio do índice de erosividade mensal ( $EI_{30}$ ) por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação da estação pluviométrica:

$$EI_{30} = a \times (r^2/P)^b$$

onde:

$EI_{30}$  = índice de erosividade mensal, em MJ.mm/ha.ano;

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

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

a, b = coeficientes a serem ajustados conforme a região.



## 2.2 Erodibilidade do Solo (fator K)

A erodibilidade do solo é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão, que é a recíproca da sua resistência à erosão. A erodibilidade de um solo pela água é determinada pelas suas propriedades intrínsecas, as quais afetam a velocidade de infiltração da água do solo, permeabilidade e a capacidade de absorção da água; e as que conferem resistência à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e as forças de transporte da chuva e enxurrada (Bertoni & Lombardi Neto, 1993).

## 2.3 Fator Topográfico (fator LS)

Segundo Wischmeier & Smith (1978), tanto o comprimento do declive como seu gradiente afetam a intensidade de erosão pela água. Estes dois efeitos têm sido pesquisados separadamente e são representados na equação de perdas de solo por L e S, respectivamente. No entanto, para aplicação prática, é mais conveniente considerá-los conjuntamente como fator topográfico LS.

Bertoni & Lombardi Neto (1985), baseado em experimentos no estado de São Paulo, apresentam a seguinte equação:

$$LS = 0,00984 \times C^{0,63} \times D^{1,18}$$

onde:

**C** = Comprimento da rampa em metros

**D** = Declive em porcentagem.

## **2.4 Uso e Manejo do Solo (fator C)**

O fator uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno com cobertura vegetal, ou com cultivo agrícola, em comparação a um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo da vegetação ou da cultura e manejo adotado. Para um solo descoberto esta relação resulta em um valor do fator C igual a “1”, ou seja, sem nenhuma proteção oferecida pela cobertura vegetal à ação da erosividade da chuva.

## **2.5 Práticas Conservacionistas (fator P)**

O fator práticas conservacionistas representa a razão entre a perda de solo que ocorre para uma dada prática conservacionista e aquela que ocorre para cultivos no sentido do declive máximo do terreno ou como denominados usualmente, plantio morro abaixo (Bertoni & Lombardi Neto, 1985).

Este fator normalmente, só é aplicado em áreas cuja cobertura seja cultivo, ou seja, o fator P é um ponderador do fator C em situações especiais de uso e manejo dos solos.

Os dados de C e P podem ser analisados de forma integrada em função do uso e ocupação do solo. No caso da impossibilidade na determinação do fator P, adota-se  $P=1$ , como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A base de informação para aplicar a EUPS para o Estado do Rio de Janeiro foi constituída por dados secundários na obtenção dos fatores R, K e C, e pelos dados do MDE/SRTM para cálculo dos fatores L e S (Tabela 1).

Tabela 1 - Dados de entrada da Equação Universal de Perda de solo.

Fator	Origem	Observações
R - Erosividade anual	73 estações pluviométricas situadas no interior do estado do Rio de Janeiro, referentes ao período de 1973-2000, organizadas por Alfonsi <i>et al.</i> (2003).	***
K - Erodibilidade	Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro (Carvalho Filho <i>et al.</i> 2003a; 2003b).	Escala 1:250.000, composta por 161 unidades de mapeamento de solo.
L S - Fator Topográfico	MDE/SRTM (Costa <i>et al.</i> 2005)	Resolução 90x90m, compatível com a escala 1:100.000 e curvas de nível espaçadas de 40 metros
C - Uso e cobertura do solo	Mapa de Uso e Cobertura do solo (CIDE, 2000).	Escala 1:250.000, integrada por 27 classes.

#### 3.1 Erosividade da Chuva (fator R)

Para estimar o fator R, foi aplicada a equação recomendada por Lombardi para as condições do Estado do Rio de Janeiro, usada no município fluminense de Paty do Alferes por Carvalho Júnior (1985). Foram utilizados os dados médios de precipitação mensal e anual da série histórica de 1973 a 2000, oriundas de 73 estações pluviométricas situadas no estado do Rio de Janeiro organizadas em Afonsi *et al.* (2003)

$$EI_{30} = 89,823 \times (r^2/P)^{0,759}$$

onde:

$EI_{30}$  = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/ha.ano;

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

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

Para se obter a erosividade (fator R), soma-se a erosividade calculada por mês ( $EI_{30}$ ), durante um ano, em cada estação pluviométrica (Anexo A). Com a totalização do fator R por estação, foi gerada uma interpolação por *kriging* ordinário para obter sua espacialização, no software ArcGIS 9.1 usando a extensão Spatial Analyst.

### 3.2 Erodibilidade do Solo (fator K)

A definição do fator K para as 161 unidades de mapeamento de solo para o Estado do Rio de Janeiro, sendo 458 classes distribuídas em 4 níveis categóricos, foi realizada por meio de levantamento bibliográfico de valores de K para classes ocorrentes ou similares às presentes no Estado do Rio de Janeiro (Bertoni & Lombardi Neto 1985; Galdino, 2003; Longhi & Meneses, 2005; Moreira Sá, 2004; Pimenta 2005a; Silva, 2004; Vasquez-Fernandez, 1996). Estes valores foram sistematizados e *outliers* foram eliminados. A etapa seguinte foi o enquadramento em graus de erodibilidade das classes de solo, com sua posterior conversão para valores de K padronizados. Este procedimento utilizou a Tabela 2.

Tabela 2 - Graus de limitação devidos à erodibilidade.

Graus de Limitação	Fator K: erodibilidade (t.h.MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )
0: nulo	$\leq 0.010$
1: ligeiro	$0.010 \leq K < 0.020$
2: moderado	$0.020 \leq K < 0.030$
3: forte	$0.030 \leq K < 0.040$
4: muito forte	$K \geq 0.040$

Fonte: Adaptado de Giboshi (1999).

Como exemplo, foram pesquisados os valores de  $K = 0.008$ ,  $0.028$  e  $0.033$  para a classe Argissolo Vermelho Eutrófico. O valor  $0.008$  foi eliminado e a classe obteve o grau moderado a forte, recebendo o  $K$  padronizado de  $0.030$ .

A próxima etapa correspondeu ao cálculo do fator  $K$  para as 161 unidades de mapeamento de solo, considerando as diferentes proporções de ocorrência das classes (Anexos B e C). No mapa de solos do Estado do Rio de Janeiro, as classes de solos são agrupadas em unidades de mapeamento pedológico, identificadas até o 4º nível categórico, ou seja, para cada unidade podem existir até quatro classes de solos, de forma que as proporções de ocorrência destas classes estão discriminadas no mapeamento pedológico.

Assim, em cada unidade de mapeamento, executa-se uma ponderação entre os fatores  $K$  de cada classe de solo por sua proporção na unidade, obtendo-se a média ponderada para cada unidade de mapeamento. (Tabela 3).

Tabela 3 - Média ponderada de K para a unidade de mapeamento PAx3.

Unidade	Classes de solo	Proporção (%)	Fator K
PAx3	Argissolo Amarelo coeso	40	0.030
	Argissolo Amarelo distrófico	30	0.025
	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	30	0.025
	Total	100	<b>0.027</b>

### 3.3 Fator Topográfico (fator LS)

Para o cálculo do fator topográfico (fator LS) foi utilizado o modelo digital de elevação/SRTM corrigido do estado do Rio de Janeiro. O comprimento de rampa (C) e a declividade (D) foram calculados separadamente utilizando o software ArcGIS 9.1 com o auxílio da extensão Spatial Analyst (Anexo E). O fator LS foi obtido a partir da equação proposta por Bertoni & Lombardi Neto (1985):

$$LS = 0,00984 \times C^{0,63} \times D^{1,18}$$

onde:

**C** = Comprimento da rampa em metros

**D** = Declive em porcentagem.

### 3.4 Uso e Manejo do Solo (fator C)

O fator C para cada classe de uso da terra foi definido por meio de pesquisa bibliográfica (Bertoni & Lombardi Neto, 1985; Brito, 1998; Paranhas Filho *et al.*, 2003; Bueno, 2004; Santos *et al.*, 2005; Galdino, 2003; Pimenta, 2005b), considerando valores médios de classes similares ou iguais às ocorrentes no Estado

do Rio de Janeiro, espacializadas no Mapa de Uso e Cobertura do Solo (CIDE, 2000). Ver a Anexo D.

### **3.5 Práticas Conservacionistas (fator P)**

O fator P foi uniformemente definido como 1 (valor máximo do parâmetro), que indica a não existência de práticas conservacionistas, ou seja, a condição mais crítica no processo de erosão.

### **3.6 Análise Espacial de Dados**

Com a obtenção dos dados secundários para os fatores K e C estes foram georeferenciados, inicialmente, no formato de vetor (shapefile). O fator K foi associado espacialmente ao mapa de solos do Estado do Rio de Janeiro (Carvalho Filho et al. 2003a; 2003b) e o fator C ao mapa de uso e cobertura do Solo (CIDE, 2000). Em seguida foram transformados para o formato raster com células de tamanho 90 x 90m. Os fatores R e LS foram espacializados no formato raster com células de 90 x 90m.

Para a obtenção do mapa de perdas de solo para o Estado do Rio de Janeiro foi utilizada a extensão Spatial Analyst do software ArcGIS 9.1, com a ferramenta Raster Calculator. Os fatores foram multiplicados espacialmente gerando como produto um raster com células de 90 x 90m.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade da chuva (fator R) constitui informação que possui certas restrições devido à complexidade climática do Estado e quantidade de estações, além do que a malha de estações pluviométricas não apresenta distribuição representativa de todos os ambientes climáticos.

A variação de erosividade entre as estações pluviométricas ficou entre 4008 e 11.655 MJ.mm/ha.h.ano, concentrando-se os maiores valores acima de 10.000 MJ.mm/ha.h.ano, nas Serras do Mar e da Mantiqueira (Figura 1), tomando-se como exemplo as estações: Represa do Paraíso, Teodoro Oliveira, Faz. Agulhas Negras e Fumaça, dentre outras e os menores valores no litoral norte Fluminense, Região dos Lagos e na parte leste da Baía de Sepetiba em estações como São Francisco de Paula das Cacimbas, Farol de São Tomé, Iguaba Grande e Santa Cruz, dentre outras.

O Estado do Rio de Janeiro apresenta grande variedade de classes taxonômicas, assim como presença de solos de elevada erodibilidade (Carvalho Filho *et al.*, 2003a, 2003b; Lumbreras, 2003). Na Figura 2 é apresentado o mapa simplificado de solos do Estado do Rio de Janeiro (Carvalho Filho *et al.*, 2003a; 2003b). A espacialização do fator K é apresentada na Figura 3.

Os solos considerados de acentuada erodibilidade e de maior expressão geográfica (Anexo B e Figura 3), são:

- Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos, com presença marcante nas regiões serranas (Serra dos Órgãos, da Bocaina e da Mantiqueira) e morros e colinas dissecados situados na parte oriental da Região do Lagos;



- Planossolos Hápicos e Planossolos Hidromórficos, predominantemente localizados nas planícies litorâneas, entre Itaguaí e Armação dos Búzios;
- Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, de grande ocorrência no Estado, e frequentes nas regiões do Médio rio Paraíba do Sul, Noroeste e parte ocidental do Norte Fluminense;
- os terrenos de Dunas, situados na faixa litorânea e de pouca expressão em área.

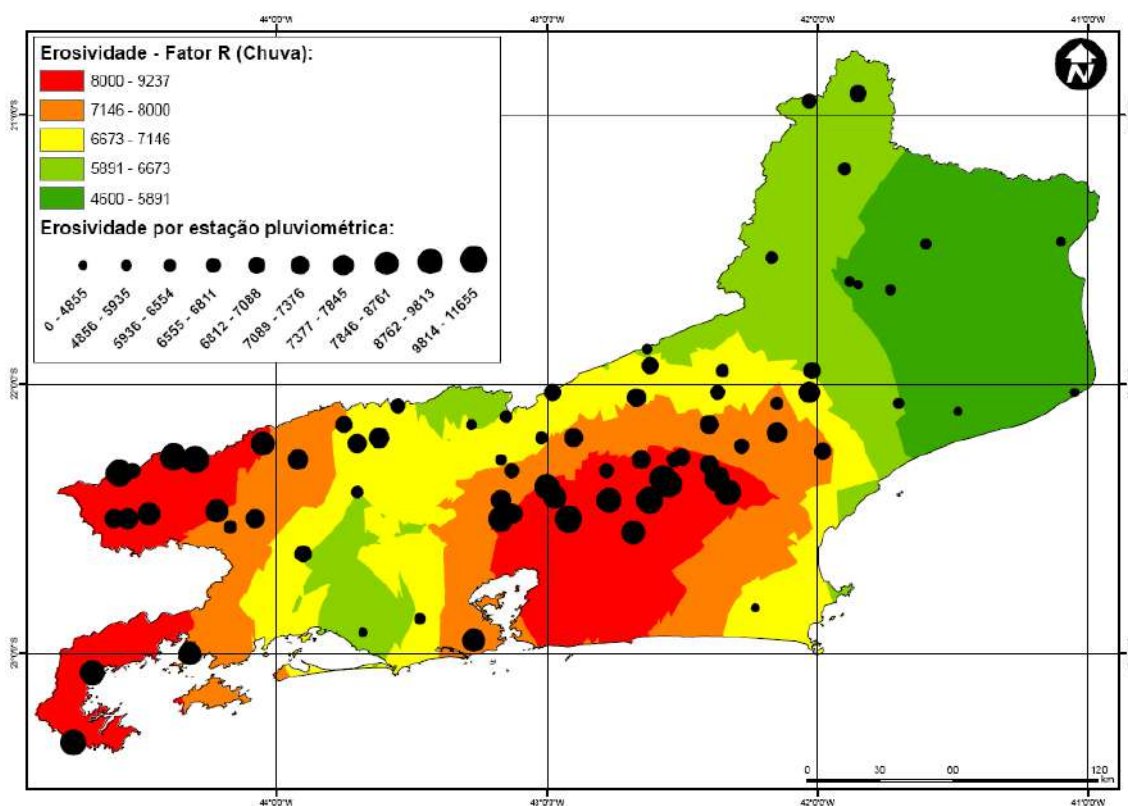


Figura 1: Espacialização do fator R em MJ.mm/ha.h.ano, para o Estado do Rio de Janeiro (valores por estação pluviométrica e interpolados).

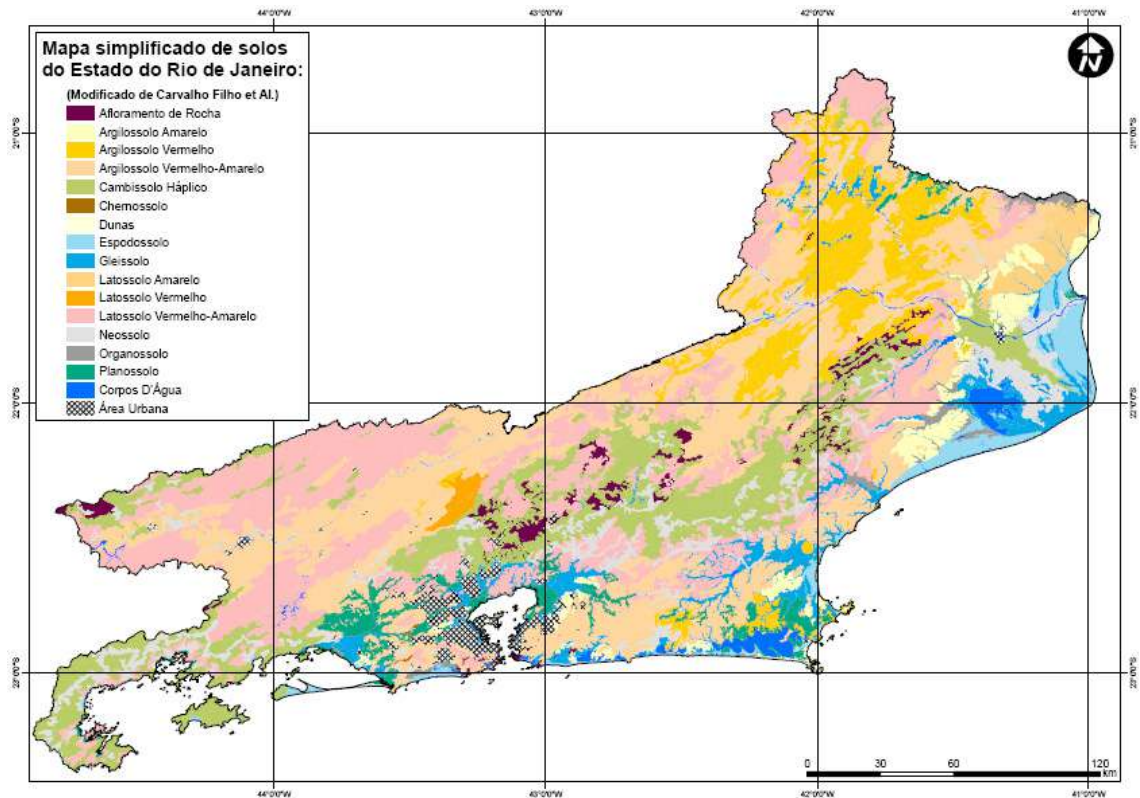


Figura 2: Agrupamento das unidades de mapeamento de solo para o Estado do Rio de Janeiro (Carvalho Filho *et al.*, 2003a; 2003b).

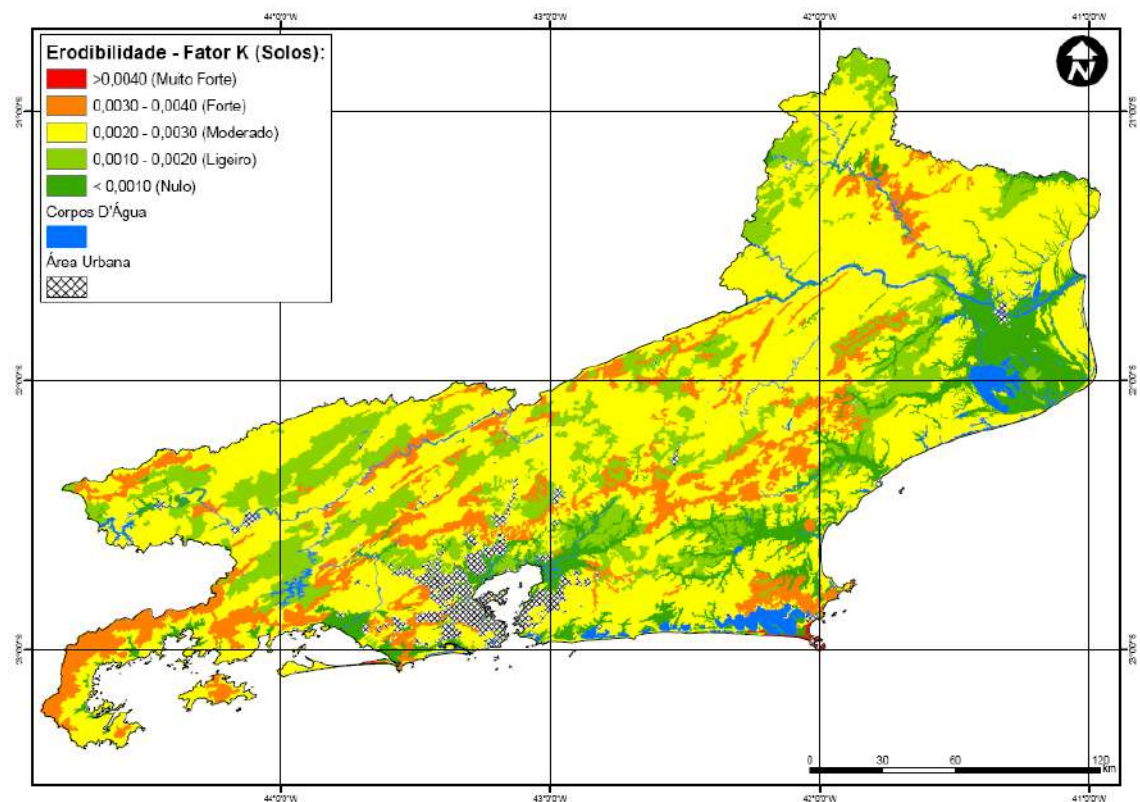


Figura 3: Espacialização do fator K - erodibilidade do solo, em ton.h/MJ.mm, para o Estado do Rio de Janeiro.

O relevo do estado é muito variado. Destacam-se a Serra do Mar e da Mantiqueira, alcançando altitudes superiores a 2000 metros, verifica-se amplo ambiente colinoso de *mar de morros* nas regiões do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul e Noroeste Fluminense, e extensa planície litorânea intercalada pelos maciços costeiros. A Figura 4 mostra a espacialização do fator LS para o estado do Rio de Janeiro.

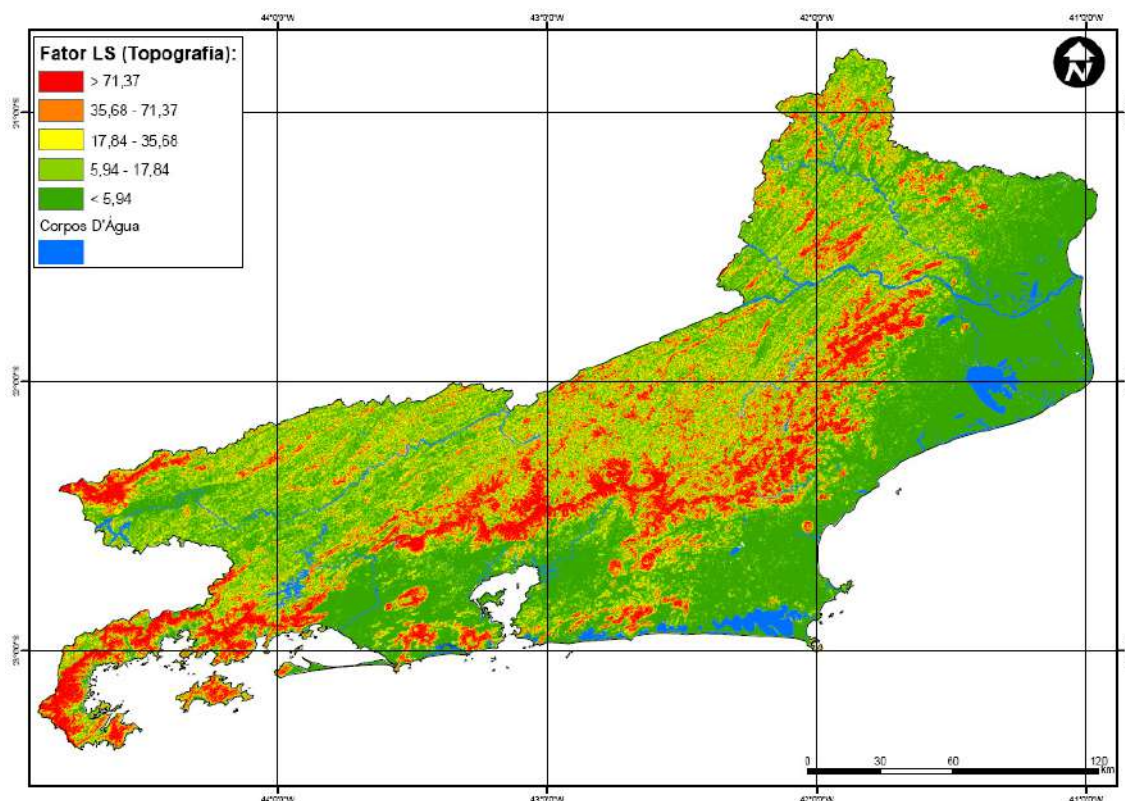


Figura 4: Espacialização do fator LS para o Estado do Rio de Janeiro.

O uso e manejo do solo (fator C) foi avaliado confrontando valores de fator C citados na literatura, segundo as diversas utilizações da terra, com o mapeamento do uso e cobertura do solo do Estado (CIDE, 2000), mostrado na Figura 5.

Em termos de uso e cobertura do solo verifica-se que cerca de 50% da área do Estado é ocupada com pastagens, 29% do território apresentam-se recobertos por remanescentes florestais da Mata Atlântica (CIDE, 2003) em diferentes fases

sucessionais, enquanto as áreas agrícolas ocupam cerca de 6% (IBGE, 2003), destacando-se a cultura da cana-de-açúcar no Norte Fluminense.

Conforme mostrado por Lumbreras *et al.* (2003) os Domínios Geoambientais do Estado, discriminados em Dantas *et al.* (2003), que apresentam os maiores percentuais de desmatamento são o Norte-Noroeste Fluminense, a Faixa Litorânea e o Médio Vale do rio Paraíba do Sul, com 9,64%, 11,34% e 20,49% de remanescentes florestais, respectivamente. Os Domínios Geoambientais que apresentam os menores percentuais de desmatamento compreendem a Serra da Bocaina-Litoral Sul Fluminense, Serra da Mantiqueira e Serra dos Órgãos, com 80,75%, 72,02% e 61,40% de remanescentes florestais, respectivamente.

Aspectos importantes de manejo do solo e práticas conservacionistas não puderam ser contemplados no presente trabalho, devido às restrições da escala de trabalho e de informações básicas existentes. Como exemplos de práticas agrícolas inadequadas que ocorrem no Estado, verifica-se o cultivo em áreas acidentadas, muitas vezes com aração e/ou plantio morro abaixo, manejo inadequado de pastagens, em especial nos locais de relevo acidentado, e uso indiscriminado de queimadas (Costa et al., 2005)

Os valores atribuídos ao fator C para as diferentes classes de uso e cobertura do solo encontram-se no anexo D. Na Figura 6 é mostrada a espacialização do fator C no Estado.

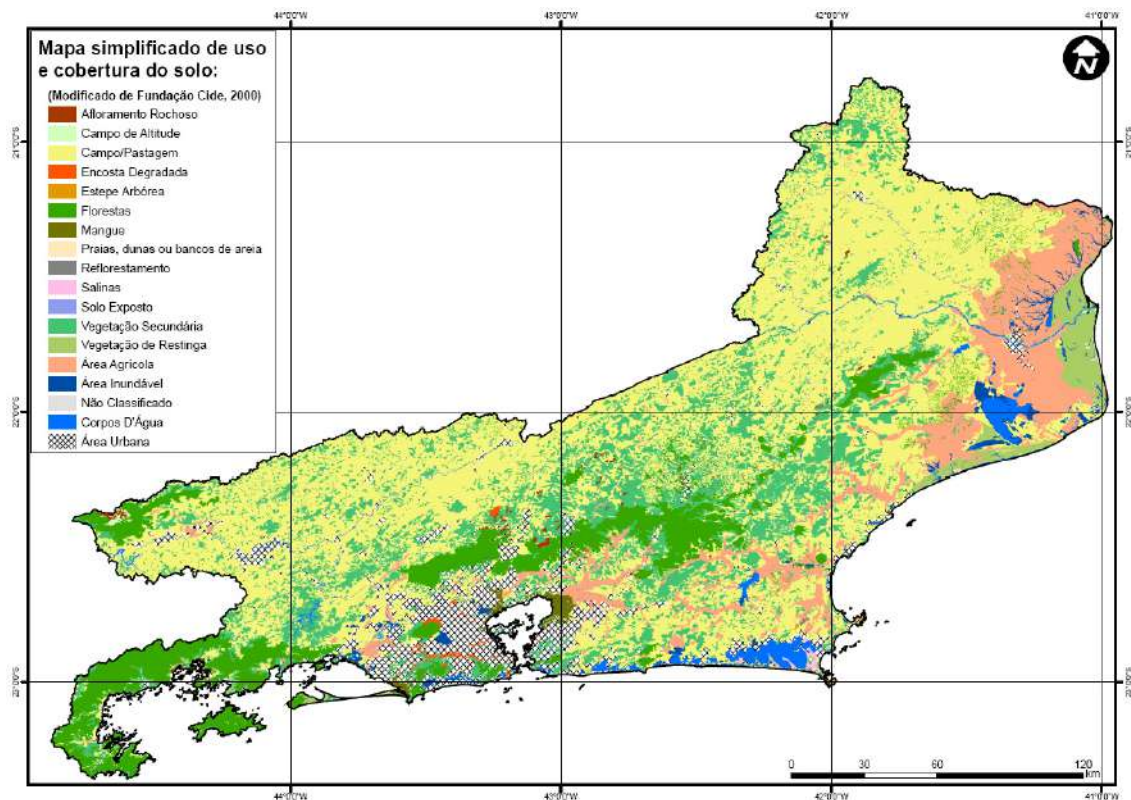


Figura 5: Mapa de uso e cobertura do solo (CIDE, 2000).

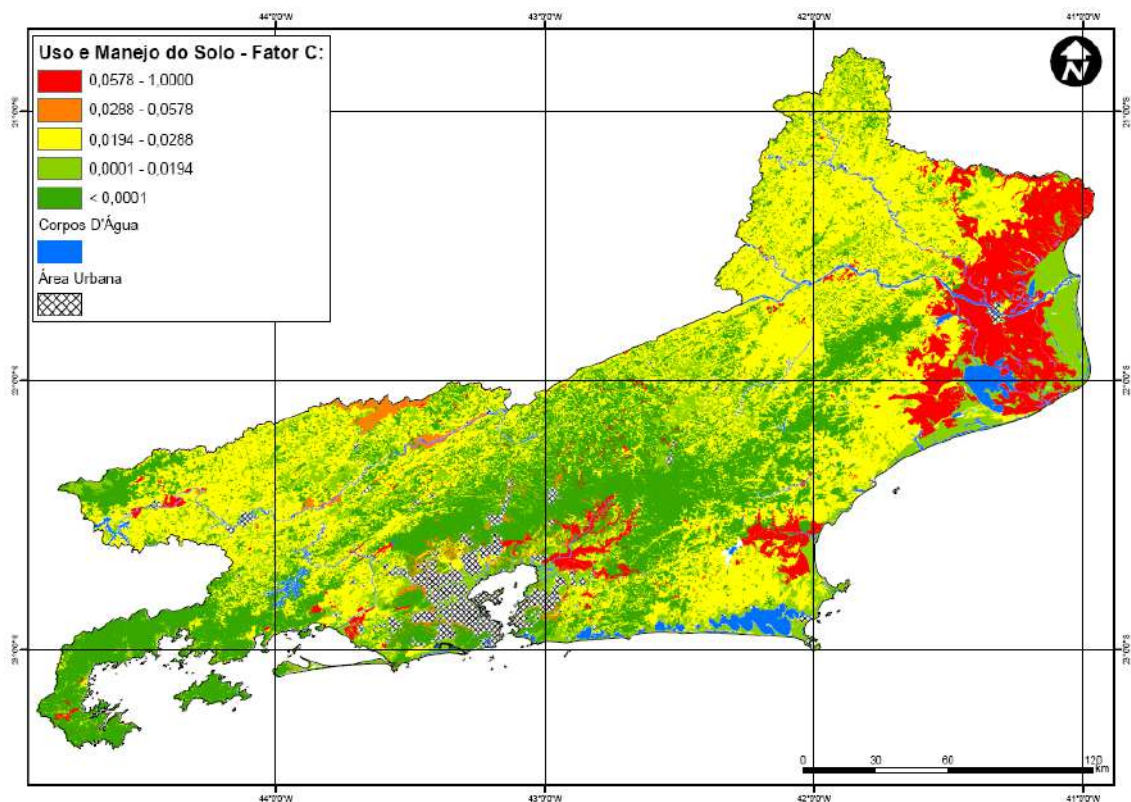


Figura 6: Espacialização do fator C (uso e manejo do solo) para o Estado do Rio de Janeiro

Na Figura 7 é mostrada a espacialização das estimativas de perda de solo no Estado. Tem-se que 68,59% das terras apresentam perdas muito baixas, com valores inferiores a 10 ton/ha.ano, em parte proporcionada pela atenuação da cobertura vegetal de remanescentes florestais nas áreas de relevo acidentado, predominantes na Serra do Mar e Mantiqueira, onde em geral ocorrem solos de elevada erodibilidade (Lumbreras *et al.*, 2003). Cerca de 19,09% das terras tem perdas baixas, com valores entre 10 e 50 ton/ha.ano; 5,97% das terras apresentam perdas de solo moderadas, com valores entre 50 e 100 ton/ha.ano; 3,67% das terras apresentam perdas de solo altas, com valores entre 100 e 200 ton/ha.ano; e apenas 2,68% apresentam perdas muito altas, acima de 200 ton/ha.ano. Os locais que apresentam as maiores estimativas de perda de solo ocorrem no Médio Vale do rio Paraíba do Sul, na região Noroeste, na parte ocidental do Norte Fluminense e nos maciços costeiros situados na faixa litorânea, nos locais onde ocorrem a combinação de solos de elevada erodibilidade em relevo declivoso e com cobertura vegetal pouco protetora do solo. Em contrapartida, embora as regiões das Serras da Bocaina-Litoral Sul, Serra dos Órgãos e Serra da Mantiqueira apresentem solos de elevada erodibilidade e relevo muito acidentado, a estimativa de perda de solos é atenuada devido à proteção aos processos erosivos pela elevada incidência de remanescentes florestais.

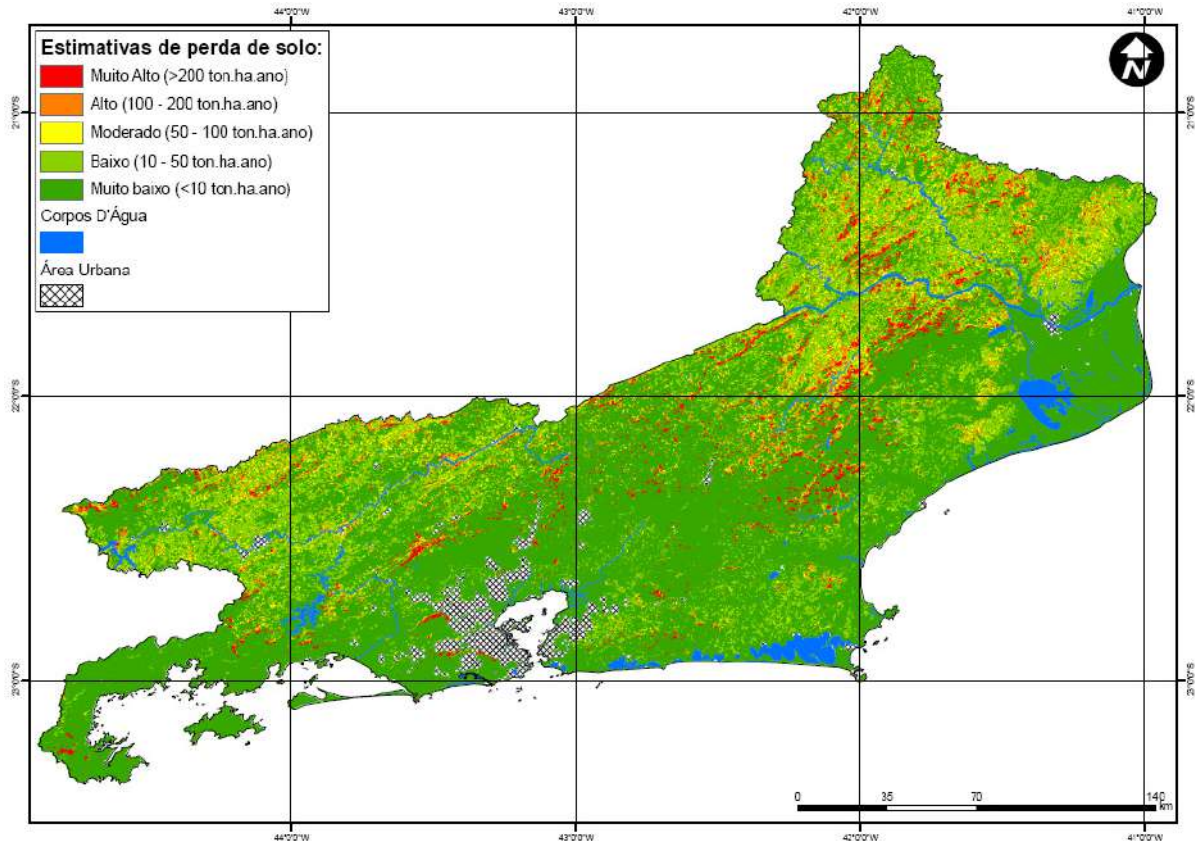


Figura 7: Mapa de perda de solo em ton/ha.ano para o Estado do Rio de Janeiro

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da metodologia de determinação de perdas de solo (EUPS) para o Estado do Rio de Janeiro, utilizando uma base secundária de dados, e atendendo a escala 1:250.000, teve a finalidade demonstrar o uso do geoprocessamento como ferramenta importante para o planejamento ambiental, disponibilizando para validação os diferentes graus de degradação de solo encontrados para toda a região do Estado do Rio de Janeiro.

Este trabalho também dá uma indicação de áreas que devem merecer especial atenção por serem muito vulneráveis aos processos erosivos, mas não apresentam atualmente estimativas de valores elevados de perda de solo. Compreendem áreas de relevo acidentado e que apresentam solos de elevada erodibilidade, mas sob a cobertura vegetal de remanescentes florestais, considerados protetores do solo sendo este um dos fatores que mais contribuem para a diminuição dos processos erosivos.

Ressalta-se que o método quantifica a perda de solo por erosão laminar, não considerando outros processos erosivos como movimentos de massa, ravinamentos e voçorocas, originados tanto pela vulnerabilidade natural das terras aos processos erosivos quanto pela atividade antrópica atual e pretérita, que favorecem a concentração de águas nas vertentes e/ou reduzem a cobertura do solo, tais como obras de engenharia e práticas agrícolas inadequadas.



## Referências Bibliográficas

- Alfonsi, R. R.; Pinto, H. S.; Zullo Júnior, J.; Coral, G.; Assad, E. D.; Evangelista, B. A.; Lopes, T. S. De S.; Marra, E.; Bezerra, H. S.; Hissa, R. H.; Figueiredo, A. F.; Silva, G. G.; Sucharov, E. C.; Alves, J.; Martorano, L. G.; Bouhid André, R. G.; Bastos Andrade, W. E. 2003. Zoneamento Climático da Cultura do Café (*Coffea arabica*) no Estado do Rio de Janeiro. Campinas: IAC: UNICAMP; Brasília: Embrapa Cerrados; Niterói: Pesagro-Rio; Rio de Janeiro: SIMERJ; Embrapa Solos; Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/cafe/RJ\\_menu.html](http://www.cpa.unicamp.br/cafe/RJ_menu.html). Acesso em: 14/04/2005.
- Alvares, M. T. P.; Pimenta, M. T. 1998. Erosão Hídrica e Transporte Sólido em Pequenas Bacias Hidrográficas. IV Congresso da água. Disponível em: [http://snirh.inag.pt/snirh/estudos\\_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html](http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html). Acesso em: 19/09/2005.
- Bertol, I. 1994. Avaliação da Erosividade da Chuva na Localidade de Campos Novos (SC) no Período de 1981-1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.29, n.9, p.1453-1458
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. 1985. *Conservação do solo*. São Paulo, SP: Ícone, 392p.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. 1993. *Conservação do Solo*. São Paulo, SP: Ícone, 3ª ed. 401 p.
- Brito, J. L. S.; Lima, S. C.; Shiki, S.; Moreira, M. R. 1998. Uso do Geoprocessamento na Estimativa da Perda de Solos por Erosão Laminar em Irai de Minas-MG. In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Santos, Brasil. *Anais*, INPE, p. 501-512.
- Bueno, C. R. P.; Stein, D. P. 2004. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 26, n° 1, p.1-5,
- Câmara, G. 1995. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, São José dos Campos. Tese de Doutorado, 264 p
- Carvalho Filho, A. De; Lumbreras, J. F.; Wittern, K. P.; Lemos, A. L.; Santos, R. D. dos. 2003a. *Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Estado do Rio de Janeiro*. In: Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32p.
- Carvalho Filho, A.; Lumbreras, J. F.; Wittern, K. P.; Lemos, A. L.; Santos, R. D.; Calderano Filho, B.; Calderano, S. B.; Oliveira, R. P.; Aglio, M. L. D.; Souza, J. S.; Chaffin, C. E. 2003b. Mapa de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003b. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html>. Acesso em: 14/04/2005.
- Carvalho, B.N.R. 2000. *Um sistema de informações para a prática do gerenciamento e planejamento urbano*. Universidade Federal de Santa Catarina. Tese de Doutorado, 149 p.
- Carvalho Junior, W. 1985. *Modelos de planejamento agrícola conservacionista com suporte de geoprocessamento: estudo de caso, municípios de Paty de Alferes*

- e Miguel Pereira – RJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ Dissertação de Mestrado, 104 p.
- Costa, T. C. C.; Santos, P. R. A.; Guimarães, S.P. 2005. Extração de variáveis topográficas do modelo digital de elevação SRTM para o Estado do Rio de Janeiro. (Embrapa Solos. Documento n. 76. 28 p.
- Dantas, M. E.; Shinzato, E.; Medina, A. I. M.; Silva, C. R.; Pimentel, J.; Lumbreras, J. F.; Calderano, S. B.; Carvalho Filho, A. 2001. Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. *In*: CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro: geologia, geomorfologia, geoquímica, geofísica, recursos minerais, economia mineral, hidrogeologia, estudos de chuvas intensas, solos, aptidão agrícola, uso e cobertura do solo, inventário de escorregamentos, diagnóstico geoambiental. Rio de Janeiro: CPRM: Embrapa Solos; [Niterói]: DRM-RJ, CD-ROM. Contém texto e mapa color, escala 1:500.000.
- Fujihara, A. K. 2002. *Predição de Erosão e capacidade de Uso do Solo Numa Microbacia do Oeste Paulista Com Suporte de Geoprocessamento*, Dissertação de Mestrado em Ciências do Solo, Piracicaba, 118p.
- Fundação Centro de Informações e Dados do Rio De Janeiro (CIDE). 2000. Índice de qualidade dos municípios - verde (IQM - Verde). CD-ROM.
- Fundação Centro de Informações e Dados do Rio De Janeiro (CIDE). 2003. Índice de qualidade dos municípios - verde (IQM – Verde II). 2 ed. ampl. rev. Rio de Janeiro: CIDE,. CD-ROM.
- Galdino, S.; Risso, A.; Soriano, B. M. A.; Vieira, L. M.; Padovani, C. R.; Pott, A.; Melo, E. C.; Almeida Júnior, N. 2003. Perdas de Solo na Bacia do Alto Taquari – Corumbá. *In*: Embrapa Pantanal, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 44, 40p.
- Giboshi, M. L. 1999. *Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra*. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado em Planejamento e Produção Agropecuária. 77p.
- IBGE. 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 abr. de 2005.
- Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W. C. 1980. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. Campinas: *Bragantia*, v.51, n.2, p.189-196.
- Longhi, A. L. B.; Meneses, P. R. 2005. O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para o zoneamento de Florestas Nacionais. *In*: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, *Anais*, INPE, p. 2245-2250.
- Lumbreras, J. F.; Naime, U. J.; Carvalho Filho, A. 2003; et al. *Zoneamento agroecológico do estado do Rio de Janeiro – ano 2003*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (Rio de Janeiro, RJ), 2003. Contém texto e mapa color., escala 1:250.000.(Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 33).
- Moreira Sá, A.; Lima, J. M.; Curi, N.; Massaroto, J. A. J. J.; Marques, G. S. M. 2004. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.7, p.691-699, jul. 2004.
- Moreti, D.; Mannigel A. R.; Carvalho M. P. 2003. Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista, Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v. 25, n. 1, p. 137-145, 2003.

- Paranhas Filho, A. C.; Fiori, A. P.; Disperati, L.; Lucchesi, C.; Ciali A.; Lastoria G. 2003. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho-MS. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 52, p. 49-59.
- Pimenta M. T. 1998. *Caracterização da Erodibilidade dos Solos a Sul do Rio Tejo*. INAG/DSRH. Julho 1998 Disponível em: [http://snirh.inag.pt/snirh/estudos\\_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html](http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html). Acesso em: 19/09/2005
- Pimenta M. T. 2005. *Directrizes para a Aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG*. INAG/DSRH Disponível em: [http://snirh.inag.pt/snirh/estudos\\_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html](http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/desertificacaofichas.html). Acesso em: 19/09/2005
- Rodrigues, L.; Nishiyama, L. 2001. Estudo dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do córrego dos Macacos – Uberlândia – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, 2001, Goiânia. *Anais*, p. 3214-3220.
- Santos, P. R. A.; Gaboard, C.; Oliveira, L. C. 2005. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia, GO. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 2005. (CD ROM) p. 4473-4480.
- Santos, R.F., Carvalhais, H.B., Pires, F. 1997. Planejamento ambiental e sistemas de informações geográficas. *Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG)*, v.1, n.2, Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/revista/cigv1n2a2.html>. Acesso em: 24/01/2001
- Silva, J.E.B.; Guerra, A.J.T. 2001. Análise das propriedades dos solos das sub-bacias do rio Tindiba e do córrego do Catonho, Rio de Janeiro, com fins à identificação de áreas com predisposição à erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, 2001, Goiânia. *Anais*. p.197-206.
- Silva, V. C. 2004. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF) *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 34 (3): 147-159.
- Vasquez-Fernandes, G. A; Formaggio, A. R.; Epiphanyo, J. C. N.; Gleriani, J. M. 1996. Determinação de Sequências Culturais em Microbacia Hidrográfica para Caracterização do Fator C da EUPS, Utilizando Fotografia Aérea In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, *Anais*, p. 63-67.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, D.C.: USDA, 1978. *USDA. Agricultural Handbook*, 537, 57 p.

**Anexo A** – Índices de erosividade mensal e anual, em MJ.mm/ha.h.ano, calculados com os dados de pluviosidade média mensal e anual, no período de 1973 a 2000 pela fórmula  $EI_{30} = 89,823 \times (r^2/P)^{0,759}$  (Carvalho Junior, 1985) organizadas em Alfonsi *et al.* (2003) para as estações pluviométricas do Estado do Rio de Janeiro.

Estações	Coordenadas		Índices de Erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)												
			Mensal												Anual
			Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
Alto da Boa Vista	-43,27	-22,95	916,71	652,64	722,94	731,75	709,50	404,52	532,23	543,36	939,70	721,77	851,42	1034,21	8760,75
Angra dos Reis	-44,32	-23,00	1331,82	936,06	1103,02	901,86	345,41	215,17	229,36	163,92	484,53	463,37	622,33	1263,51	8060,37
Anta	-42,98	-22,03	1622,77	750,27	712,92	237,97	113,02	46,11	34,55	37,05	238,50	462,49	875,24	1732,25	6863,14
Bangu	-43,47	-22,87	1080,36	769,14	782,08	587,72	304,55	166,00	127,54	123,63	315,20	293,45	479,54	906,13	5935,35
Barra Alegre	-42,28	-22,23	1453,39	782,71	779,53	307,40	139,34	84,57	35,17	24,72	167,68	331,48	1097,83	1588,41	6792,23
Barra Mansa	-44,17	-22,53	1293,58	956,19	1178,53	288,16	130,66	44,85	33,18	47,64	179,76	335,70	696,41	1369,67	6554,35
Bom Jardim	-42,40	-22,15	1651,73	705,16	839,36	250,65	141,71	64,93	31,84	40,47	223,48	461,27	1127,19	1612,11	7149,90
Bonsucesso	-42,78	-22,32	1638,45	894,83	695,05	227,58	125,40	66,49	35,28	47,88	239,22	388,93	842,67	1552,86	6754,65
Cardoso Moreira	-41,60	-21,48	851,67	304,89	484,64	266,67	103,36	44,86	41,34	68,33	266,67	448,96	1042,30	1138,68	5062,37
Carmo	-42,62	-21,93	1463,45	801,00	692,84	238,79	131,29	39,93	38,65	46,14	256,16	439,66	1080,34	1826,85	7054,09
Cascatinha do Cônego	-42,57	-22,35	1963,67	879,92	1057,03	606,06	365,71	219,87	217,98	251,96	475,32	735,80	1272,29	1905,79	9951,40
Conservatória	-43,92	-22,28	1628,33	1232,35	1068,22	353,86	117,09	57,60	37,94	43,07	242,07	458,75	798,35	1482,02	7519,65
Cordeiro	-42,37	-22,03	1492,89	659,70	801,64	281,87	111,83	58,89	34,43	34,98	238,25	462,96	998,13	1635,78	6811,34
Dois Rios	-41,85	-21,63	1146,47	595,17	557,49	227,76	159,30	58,07	39,57	70,36	234,33	549,52	1090,23	47,36	4775,64
Escola Agrícola Visconde de Mauá	-43,70	-22,40	1132,95	724,46	802,62	474,16	214,65	106,57	75,87	92,35	341,63	337,31	595,93	1090,37	5988,87
Est. de Bombeamento de Imunama	-44,53	-22,32	1153,61	837,55	868,26	463,86	290,96	138,63	124,88	148,58	317,22	377,67	697,43	1236,85	6655,51
Fagundes	-43,17	-22,28	1335,08	743,77	612,55	200,21	108,49	42,02	24,48	47,98	296,09	377,00	779,44	1218,84	5785,94
Farol de São Tomé	-41,05	-22,03	505,79	231,68	285,01	306,61	264,66	87,94	161,83	118,59	271,14	442,78	737,52	595,09	4008,65
Faz. Agulhas Negras	-44,58	-22,33	2513,54	1768,13	1825,58	500,74	161,54	65,21	68,16	66,43	380,19	705,50	1095,87	2133,29	11284,17
Faz. Aldeia	-42,35	-21,95	1358,93	623,17	602,51	225,98	99,91	52,88	25,33	44,50	224,89	522,27	1047,18	1537,46	6365,01
Faz. do Carmo	-42,77	-22,43	1602,56	963,33	1016,40	630,76	292,89	147,12	145,71	168,20	450,15	575,04	1267,67	1717,00	8976,84
Faz. Mendes	-42,65	-22,28	1914,16	867,06	611,68	223,59	121,22	120,82	66,69	102,96	355,20	408,31	942,35	1461,79	7195,84
Faz. Oratório	-41,98	-22,25	1269,13	555,15	841,17	556,46	169,84	88,25	120,49	101,91	414,87	521,35	1226,70	1222,40	7087,71
Faz. São João	-43,00	-22,38	2307,94	1145,25	1173,19	586,45	233,24	117,62	101,69	86,58	345,60	525,58	1274,95	1914,77	9812,86
Faz. São Joaquim	-42,62	-22,43	1655,34	861,85	987,02	796,67	622,28	292,88	296,89	382,83	617,67	645,24	1421,04	1519,76	10153,45
Faz. Sobradinho	-42,90	-22,20	1774,47	799,26	796,24	264,44	146,41	123,37	41,00	39,37	254,66	454,96	959,15	1723,16	7376,48
Fumaca	-44,30	-22,28	2404,28	1497,23	1725,12	449,71	135,22	38,94	36,74	243,57	567,63	1019,81	2064,58	10219,57	
Galdinópolis	-42,37	-22,35	2078,64	868,02	1141,68	603,79	200,52	91,40	73,03	82,50	326,92	437,22	1178,87	1917,50	9000,09
Itauba Grande	-42,23	-22,83	500,11	278,20	507,45	382,53	360,48	169,25	219,28	113,88	348,90	385,51	630,64	607,88	4504,09
Itamarati	-43,13	-22,48	1880,76	845,18	809,71	388,41	204,97	93,05	91,66	67,65	217,02	405,08	880,40	1684,96	7598,84
Itaperuna	-41,90	-21,20	1334,29	431,50	571,33	371,91	137,37	38,68	52,86	60,67	219,92	447,21	1178,91	1414,92	6259,57
Itatiaia	-44,55	-22,50	1740,06	1093,15	1376,52	292,39	120,90	53,52	39,96	45,88	253,94	511,65	805,69	1506,83	7840,49
Japuíba	-42,68	-22,55	1333,27	960,98	986,34	585,74	375,86	131,97	136,02	164,72	368,04	420,15	931,58	1627,28	8066,96
Leitão da Cunha	-42,03	-22,03	1592,08	701,06	1095,72	483,41	147,79	74,33	84,65	83,33	411,91	617,45	1120,29	1387,03	7799,05
Macabuzinho	-41,70	-22,07	853,65	578,96	579,75	368,52	187,75	87,45	83,35	68,01	334,62	516,33	792,34	962,07	5412,79
Manuel Duarte	-43,55	-22,08	1567,26	845,54	784,31	328,62	137,76	47,79	23,15	34,17	227,80	444,62	844,73	1512,19	6797,93
Maria Mendonça	-42,15	-22,18	1583,97	760,04	694,77	455,80	208,73	89,12	78,60	66,10	339,14	628,91	1217,50	1722,17	7844,84
Moura Brasil	-43,15	-22,12	1649,06	577,35	561,95	187,98	113,05	50,30	18,87	44,37	243,18	425,04	833,46	1431,82	6136,43
Nhangapi	-44,60	-22,50	1645,90	910,10	1114,73	318,90	136,43	55,90	45,46	40,39	282,21	500,24	820,54	1308,57	7179,37
Nova Friburgo	-42,53	-22,28	1351,45	915,25	633,12	351,90	146,76	55,60	25,65	34,94	181,27	342,12	895,75	1157,65	6691,46
Paqueta	-42,63	-21,87	1172,91	301,71	580,40	401,13	135,93	78,74	73,19	73,19	219,22	397,64	1022,17	1142,80	5599,02
Parada Moreli	-43,02	-22,20	1444,96	704,95	699,37	249,50	103,24	56,12	24,36	35,76	195,67	483,32	972,18	1448,02	6417,46
Paraíba do Sul	-43,28	-22,15	1343,45	578,48	511,30	214,08	124,39	42,78	21,28	44,09	240,76	438,26	803,44	1416,41	5778,73
Patrimônio	-44,75	-23,33	1557,76	1055,80	1134,33	763,95	476,24	260,61	246,87	305,04	557,08	767,48	972,81	1232,05	9330,01
Pedro do Rio	-43,13	-22,32	1621,07	714,42	731,58	240,82	158,31	61,33	27,17	47,79	290,68	409,16	812,93	1572,01	6685,27
Pentágua	-43,75	-22,15	1366,45	919,97	895,23	733,37	144,48	49,83	22,20	45,02	252,83	511,97	960,86	1497,44	6899,64
Petrópolis	-43,17	-22,50	1538,57	868,16	1049,59	222,80	348,52	146,16	178,02	173,83	468,77	458,16	1043,28	1787,92	8783,78
Pilar	-42,33	-22,40	1813,80	848,14	1311,61	681,12	344,21	165,92	133,66	159,21	541,37	606,00	1214,20	1707,87	9527,09
Pirai	-43,90	-22,63	1397,44	1104,76	700,28	457,14	190,09	62,59	76,41	81,34	248,93	349,73	782,71	1398,38	6849,80
Ponte de Souza	-44,38	-22,27	2230,48	1540,00	1411,12	484,78	146,60	52,67	64,73	58,21	301,72	608,40	1064,20	1895,76	9858,66
Porciúncula	-42,03	-20,95	1507,32	549,59	811,21	386,68	109,33	24,01	28,35	44,29	190,39	509,69	950,17	1470,81	6581,85
Represa do Paraíso	-42,92	-22,50	2450,85	1011,85	1530,35	703,58	418,20	199,18	206,75	183,00	537,95	782,35	1202,75	1908,25	11135,05
Resende	-44,47	-22,48	1725,52	1080,02	1301,24	420,32	134,02	42,09	41,83	46,93	226,35	437,81	945,63	1568,68	7970,44
Ribeirão São Joaquim	-44,22	-22,47	2018,93	1281,01	1333,89	401,46	173,17	51,71	47,78	57,13	255,96	506,33	862,96	1768,08	8758,40
Rio da Cidade	-43,17	-22,43	1819,59	886,21	823,94	270,59	156,74	71,72	47,61	63,42	285,60	415,80	939,78	1816,64	7597,65
São Fidélis	-41,73	-21,65	1129,31	561,10	541,13	238,38	125,09	61,56	34,65	71,26	215,12	471,74	916,96	1488,96	5855,25
São Francisco de Paula das Cacimbas	-41,10	-21,47	616,98	231,92	414,04	333,90	132,25	72,96	80,75	70,72	276,71	560,98	836,57	718,52	4346,28
São Roque	-44,68	-23,07	1702,16	1196,06	1380,67	712,92	299,00	162,15	159,73	147,16	603,53	921,26	1021,36	1410,98	9716,98
Sta. Cruz	-43,68	-22,92	667,18	411,16	536,80	481,68	267,63	160,20	157,47	133,68	338,89	245,81	424,04	814,52	4639,07
Sta. Isabel do Rio Preto	-44,05	-22,22	2142,38	1172,25	1240,59	370,23	119,28	54,76	39,38	41,14	244,10	507,77	874,75	1651,35	8457,98
Sta. Maria Madalena	-42,02	-21,95	1409,05	643,45	725,68	310,71	211,00	110,58	106,04	119,45	329,35	509,84	1170,68	1368,43	7076,26
Sto. Antônio da Pádua	-42,17	-21,53	1269,70	519,41	470,85	295,54	126,06	43,22	25,78	69,35	229,64	488,06	1108,46	1472,82	6118,88
Sumidouro	-42,67	-22,05	1617,06	860,57	882,51	266,44	87,04	42,32	20,56	19,00	192,89	395,06	868,67	1574,44	7226,57
Taboas	-43,62	-22,20	1686,56	1011,05	875,86	211,79	142,02	49,00	30,65	33,72	232,05	433,77	1017,69	1654,09	7378,26
Teodoro de Oliveira	-42,55	-22,37	912,20	1252,52	789,37	532,13	299,58	341,32	399,11	725,25	1014,41	1566,19	1948,46	1874,46	11655,01
Terresópolis	-42,97	-22,42	1937,02	705,73	801,29	415,10	171,78	90,59	71,34	89,92	365,12	560,08	1123,55	1727,53	8059,05
Três Irmãos	-41,88	-21,62	1200,28	491,37	600,63	222,24	118,54	40,75	28,30	60,46	195,80	480,11	954,31	1350,47	

**Anexo B** – Fatores K para as unidades de mapeamento de solos do Estado do Rio de Janeiro (Carvalho Filho et al. 2003) estimados a partir de dados de literatura.

U.M.Solo	Fator K	U.M.Solo	Fator K	U.M.Solo	Fator K	U.M.Solo	Fator K
AR1	0,020	LVAd11	0,015	PVAd12	0,028	PVAd21	0,025
AR2	0,016	LVAd12	0,018	PVAd13	0,025	PVAd22	0,021
AR3	0,021	LVAd13	0,018	PVAd14	0,022	PVAd23	0,021
AR4	0,022	LVAd14	0,017	PVAd15	0,022	PVAd24	0,028
AR5	0,016	LVAd15	0,018	PVAd16	0,023	PVAd25	0,024
CXbd1	0,035	LVAd16	0,017	PVAd17	0,022	PVAd26	0,028
CXbd10	0,027	LVAd17	0,018	PVAd18	0,022	PVAd27	0,028
CXbd11	0,023	LVAd18	0,018	PVAd19	0,024	PVAd28	0,023
CXbd12	0,022	LVAd19	0,018	PVAe18	0,025	PVAd29	0,031
CXbd2	0,034	LVAd2	0,021	PVAe19	0,032	PVAd3	0,028
CXbd3	0,034	LVAd20	0,018	PVAe2	0,030	PVAd30	0,029
CXbd4	0,031	LVAd21	0,018	PVAe20	0,032	PVAd31	0,023
CXbd5	0,029	LVAd22	0,018	PVAe3	0,030	PVAd32	0,023
CXbd6	0,025	LVAd23	0,021	PVAe4	0,032	PVAd4	0,028
CXbd7	0,027	LVAd24	0,019	PVAe5	0,033	PVAd5	0,025
CXbd8	0,025	LVAd25	0,021	PVAe6	0,029	PVAd6	0,028
CXbd9	0,027	LVAd26	0,021	PVAe7	0,029	PVAd7	0,027
CXbe	0,005	LVAd27	0,021	PVAe8	0,030	PVAd8	0,027
CXve	0,045	LVAd3	0,023	PVAe9	0,030	PVAd9	0,026
Du	0,045	LVAd4	0,025	PVe1	0,030	PVAe1	0,030
EKg1	0,026	LVAd5	0,015	PVe10	0,032	PVAe10	0,030
EKg2	0,026	LVAd6	0,015	PVe11	0,031	PVAe11	0,030
Gji	0,005	LVAd7	0,015	PVe12	0,035	PVAe12	0,030
GMa	0,005	LVAd8	0,015	PVe13	0,030	PVAe13	0,030
GMD	0,005	LVAd9	0,015	PVe14	0,034	PVAe14	0,030
GMe	0,005	LVd1	0,015	PVe15	0,023	PVAe15	0,030
GXbd1	0,005	LVd2	0,021	PVe2	0,030	PVAe16	0,031
GXbd2	0,009	Mi	0,025	PVe3	0,030	PVAe17	0,031
GXbd3	0,003	MTo	0,034	PVe4	0,030	RUbe2	0,005
GXbe	0,014	OJy	0,005	PVe5	0,031	RUbe3	0,005
GXve1	0,005	Oxy	0,005	PVe6	0,033	RUn	0,005
GXve2	0,005	PAd1	0,029	PVe7	0,031	SGd1	0,026
GXve3	0,005	PAd2	0,029	PVe8	0,030	SGd2	0,035
GXve4	0,020	PAd3	0,028	PVe9	0,025	SGe1	0,032
Ilha	0,000	PAX1	0,030	RLd	0,039	SGe2	0,033
LAX1	0,025	PAX2	0,030	RUbd1	0,013	SGe3	0,029
LAX2	0,025	PAX3	0,027	RUbd2	0,005	SI	0,005
LAX3	0,027	PVAd1	0,025	RUbe1	0,005	SM	0,005
LVAd1	0,023	PVAd10	0,026	PVAd2	0,025	SXe	0,033
LVAd10	0,015	PVAd11	0,028	PVAd20	0,024		

**Anexo C** – Unidades de mapeamento de solo para o Estado do Rio de Janeiro e suas respectivas classificações segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Classes (SBCS)	U.M. Solos	Classes (SBCS)	U.M. Solos
Afloramentos de Rochas	AR1	Argilossolo Vermelho-Amarelo	PVAd1
	AR2		PVAd10
	AR3		PVAd11
	AR4		PVAd12
	AR5		PVAd13
Cambissolo Háptico	CXbd1		PVAd14
	CXbd10		PVAd15
	CXbd11		PVAd16
	CXbd12		PVAd17
	CXbd2		PVAd18
	CXbd3		PVAd19
	CXbd4		PVAd2
	CXbd5		PVAd20
	CXbd6		PVAd21
	CXbd7		PVAd22
	CXbd8		PVAd23
	CXbd9		PVAd24
	CXbe		PVAd25
	CXve		PVAd26
Dunas	Du		PVAd27
Espodossolo	EKg1		PVAd28
	EKg2		PVAd29
Gleissolo	GJi		PVAd3
	GMa		PVAd30
	GMd		PVAd31
	GMe		PVAd32
	GXbd1		PVAd4
	GXbd2		PVAd5
	GXbd3		PVAd6
	GXbe		PVAd7
	GXve1		PVAd8
	GXve2		PVAd9
	GXve3	PVAe1	
GXve4	PVAe10		
Ilha	Ilha	PVAe11	
Latossolo Amarelo	LX1	PVAe12	
	LX2	PVAe13	
	LX3	PVAe14	
Latossolo Vermelho-Amarelo	LVAd1	PVAe15	
	LVAd10	PVAe16	
	LVAd11	PVAe17	
	LVAd12	PVAe18	
	LVAd13	PVAe19	
	LVAd14	PVAe2	
	LVAd15	PVAe20	
	LVAd16	PVAe3	
	LVAd17	PVAe4	
	LVAd18	PVAe5	
	LVAd19	PVAe6	
	LVAd2	PVAe7	
	LVAd20	PVAe8	
	LVAd21	PVAe9	
	LVAd22	PVe1	
	LVAd23	PVe10	
	LVAd24	PVe11	
	LVAd25	PVe12	
	LVAd26	PVe13	
	LVAd27	PVe14	
	LVAd3	PVe15	
LVAd4	PVe2		
LVAd5	PVe3		
LVAd6	PVe4		
LVAd7	PVe5		
LVAd8	PVe6		
LVAd9	PVe7		
Latossolo Vermelho	LVd1	PVe8	
	LVd2	PVe9	
Chernossolo	Mi	RLd	
	MTo	RUBd1	
Organossolo	OJy	RUBd2	
	OXy	RUBe1	
Argilossolo Amarelo	PAd1	RUBe2	
	PAd2	RUBe3	
	PAd3	RUn	
	PAX1	SGd1	
	PAX2	SGd2	
	PAX3	SGe1	
Planossolo		SGe2	
		SGe3	
		SI	
		SM	
		SXe	

**Anexo D** – Fatores C estimados a partir de dados de literatura para as classes de uso e cobertura do solo mapeados pela Fundação CIDE (CIDE, 2000)

<b>Uso e cobertura do solo</b>	<b>Fator C</b>
Afloramento Rochoso	0,0100
Área agrícola	0,2559
Área inundável	0,0050
Área não classificada	0,0578
Área urbana (alta densidade)	0,0050
Área urbana (baixa densidade)	0,0100
Área urbana (média densidade)	0,0075
Área urbanizada	0,0053
Campo de altitude	0,0194
Campo-pastagem	0,0288
Encosta degradada	0,0480
Estepe arbórea	0,0007
Floresta estacional semidecidual	0,0007
Floresta ombrófila densa	0,0001
Grandes construções	0,0100
Mangue	0,0050
Mangue Degradado	0,0050
Não classificado	0,0578
Oceano	0,0000
Praia	0,0050
Reflorestamento	0,0085
Rios, lagos e lagoas	0,0000
Salinas	0,0050
Solo exposto	1,0000
Vegetação de restinga	0,0007
Vegetação de várzea	0,0100
Vegetação secundária	0,0001

**Anexo E – Mapas de declividade, em porcentagem, e comprimento de rampa, em metros, do Estado do Rio de Janeiro**

