

FATORES QUE INFLUENCIAM A ERODIBILIDADE NOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ SOB UMA ANÁLISE
MULTICRITÉRIO

CLARISSA REGINA MASIERO AHMED

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
JULHO – 2009

FATORES QUE INFLUENCIAM A ERODIBILIDADE NOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES- RJ SOB UMA ANÁLISE
MULTICRITÉRIO

CLARISSA REGINA MASIERO AHMED

“Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para a
obtenção de título de Mestre em
Engenharia Civil”

Orientadora: Maria da Glória Alves

Co-orientador: Doracy Pessoa Ramos

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

JULHO – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

50/2009

Ahmed, Clarissa Regina Masiero

Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério / Clarissa Regina Masiero Ahmed. – Campos dos Goytacazes, 2009.

xiii, 103 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) --Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 2009.

Orientador: Maria da Glória Alves.

Co-orientador: Doracy Pessoa Ramos

Área de concentração: Geotecnia.

Bibliografia: f. 95-99.

1. Solos 2. Erodibilidade 3. Análise Multicritério 4. Campos dos Goytacazes-RJ I. Universidade Estadual do Norte

FATORES QUE INFLUENCIAM A ERODIBILIDADE NOS SOLOS DO
MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES- RJ SOB UMA ANÁLISE
MULTICRITÉRIO

CLARISSA REGINA MASIERO AHMED

“Dissertação apresentada ao Centro de
Ciência e Tecnologia da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para a
obtenção de título de Mestre em
Engenharia Civil”

Aprovada em 9 de julho de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Luiz de Moraes Rego Filho (Doutor, Agronomia) – PESAGRO

Prof. Jonas Alexandre (Doutor, Engenharia Civil) – UENF

Prof. Doracy Pessoa Ramos (Doutor, Agronomia) – UENF
Co-orientador

Profª. Maria da Glória Alves (Doutora, Geologia) – UENF
Orientadora

DEDICATÓRIA

A minha mãe, Rosilene Masiero, pelo apoio constante e pelos sacrifícios.
Pelos momentos de ausência, dedico a vocês, agora, todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

À UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) e a FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), pelo suporte financeiro concedido.

Ao Laboratório de Engenharia Civil – LECIV.

À Oficina de Geologia e Geoprocessamento - OFIGEO, por ter-me oferecido condições para a realização deste trabalho.

À professora Maria da Glória Alves e ao professor Doracy Pessoa Ramos, pela atenção, dedicação, incentivo, confiança, apoio e motivação contagiante, além da amizade.

Ao Luiz de Moraes Rego Filho pelo ensinamento e a amizade.

Ao João Paulo Cavalcanti, por todo o seu carinho, paciência, amor, incentivo e ajuda.

Aos amigos Aline e Adilson do OFIGEO, pelo companheirismo, amizade e atenção.

À minha irmã, Riza e os meus sobrinhos Amanda, Luca e Ana Clara pelo carinho e amizade.

BIOGRAFIA

Clarissa Regina Masiero Ahmed, filha de Kamel Arnaldo Ahmed e Rosilene Masiero, nasceu em 07 de julho de 1980, na cidade de Jacareí, São Paulo.

Em setembro de 1999, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), graduando-se em maio de 2005.

Em março de 2006, iniciou o Curso de Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração em Geotecnia, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SIGLAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
3. JUSTIFICATIVAS.....	18
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
4.1 Considerações preliminares.....	20
4.2 Solos.....	23
4.3 Erosão.....	25
4.3.1 Propriedades do solo no processo erosivo.....	26
4.3.2 Mecanismo da erosão.....	28
4.3.3 Erodibilidade do solo.....	29
4.3.3.1 Fatores que determinam a erodibilidade dos solos.....	30
4.4 Classificação pedológica.....	33
4.5 SIG.....	34
4.5.1 Análise Multicritério.....	36

5. DESCRIÇÃO DA ÁREA.....	38
5.1 Caracterização da área em estudo – localização e acesso.....	38
5.2 Aspectos a serem analisados.....	39
5.2.1 Pedologia.....	39
A) Argissolos.....	41
B) Cambissolos.....	43
C) Espodossolos.....	44
D) Gleissolos.....	45
E) Latossolos.....	46
F) Neossolos.....	47
G) Organossolos.....	48
H) Planossolos.....	49
5.2.2 Geologia.....	49
5.2.2.1 Pré-Cambriano.....	51
5.2.2.2 Fanerozóico.....	53
5.2.3 Geomorfologia.....	54
6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	64
6.1 Descrição do material.....	64
6.1.1 Materiais cartográficos digitais.....	64
6.1.2 Softwares.....	64
6.2 Descrição da metodologia.....	65
6.2.1 Obtenção e tratamento cartográfico do mapa Pedológico e de Domínios Bioclimáticos.....	65
6.2.2 Escolha e análise dos indicadores da erodibilidade.....	65
6.2.3 Indicadores e as respectivas classes.....	65
6.2.4 Hierarquização e atribuição de pesos aos indicadores.....	70
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
7.1 Quadro de análise da erodibilidade.....	71
7.2 Ponderação dos fatores.....	74
7.2.1 Efeito gota.....	74
7.2.2 Escorrimento superficial	75
7.3 Comparação par-a-par.....	76
7.4 Planos de informação.....	78

7.4.1 Planos de informação do efeito gota.....	78
7.4.1.1 Intensidade de precipitação média anual.....	78
7.4.1.2 Estabilidades dos agregados superficiais.....	79
7.4.2 Planos de informação do escoamento superficial.....	80
7.4.2.1 Velocidade de infiltração.....	80
7.4.2.2 Declividade.....	83
7.5 Mapa de erodibilidade.....	85
8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	93
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
APÊNDICE A.....	100
APÊNDICE B.....	101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Localização do município de Campos dos Goytacazes.....	39
FIGURA 02 - Mapa Pedológico.....	40
FIGURA 03 - Mapa Geológico.....	50
FIGURA 04 - Mapa Geomorfológico.....	55
FIGURA 05 - Domínio Serrano. Relevo movimentado no sopé da escarpa da serra do Imbé.....	57
FIGURA 06 - Serra da Pedra Lisa.....	57
FIGURA 07 - Maciço de Itaóca.....	59
FIGURA 08 - Colinas Isoladas.....	59
FIGURA 09 - Paisagem do Domínio Colinoso Suave, Serra do Imbé e Morro do Itaóca.....	60
FIGURA 10 - Morfologia de tabuleiro de Formação Barreiras.....	60
FIGURA 11 - Planície Colúvio-Alúvio-Marinha.....	62
FIGURA 12 - Aspecto da extensa planície Flúvio-Lagunar.....	62
FIGURA 13 - Mapa do Efeito Gota.....	87
FIGURA 14 - Mapa do Escorrimento Superficial.....	89
FIGURA 15 - Mapa de Erodibilidade em Solo Exposto.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Enfoque de estudos sobre a erosão por diferentes áreas do conhecimento.....	21
TABELA 2 - Unidades pedológicas para o estado de São Paulo e seus respectivos índices de erodibilidade.....	23
TABELA 3 - Intensidade de precipitação média anual.....	66
TABELA 4 - Estabilidade dos agregados superficiais.....	67
TABELA 5 - Altura e natureza da camada de impedimento.....	68
TABELA 6 - Relação macro-microporosidade.....	68
TABELA 7 - Retenção da umidade do solo.....	69
TABELA 8 - Declividade.....	69
TABELA 9 - Pesos e importância.....	70
TABELA 10 - Ponderação para o efeito gota.....	75
TABELA 11 - Ponderação dos indicadores para velocidade de infiltração.....	76
TABELA 12 - Matriz de comparação par-a-par para o efeito gota.....	77
TABELA 13 - Matriz de comparação par-a-par para velocidade de infiltração.....	77
TABELA 14 - Matriz de comparação par-a-par para escoamento superficial.....	77
TABELA 15 - Peso final para o efeito gota.....	78
TABELA 16 - Peso final para velocidade de infiltração.....	78

TABELA 17- Peso final para escoamento superficial.....	78
TABELA 18 - Classes e solos do mapa do efeito gota.....	86
TABELA 19 - Classes e solos do mapa do escoamento superficial.....	88
TABELA 20 - Classes e solos do mapa erodibilidade em solo exposto.....	90

LISTA DE SIGLAS

ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia

Bi – Horizonte B incipiente

Bh – Horizonte B espódico

Bt – Horizonte B textural

Bw – Horizonte B latossólico

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUPS – Equação Universal da Perdas de Solo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LECIV – Laboratório de Engenharia Civil

MCE – Multi-Criteria Evaluation (Análise Multicritério)

OFIGEO – Oficina de Geoprocessamento do Laboratório de Engenharia Civil

PESAGRO – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG – Sistema de Informações Geográficas

UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

WLC – Weighted Linear Combination (Combinação Linear Ponderada)

RESUMO

AHMED, Clarissa Regina Masiero, *MSc.*, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, julho de 2009, Fatores que influenciam a erodibilidade nos solos do município de Campos dos Goytacazes-RJ sob uma análise multicritério. Orientadora: Maria da Glória Alves.

A ocupação humana, é representada pelo desmatamento, cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão das vilas e cidades originando e acelerando processos erosivos. A erosão tem como conseqüências o assoreamento, a destruição de solos férteis, instabilidade de encostas etc. Assim sendo, a erosão se torna um importante objeto de estudo para diversas áreas do conhecimento, dentre elas a engenharia civil e a agronomia. A erodibilidade do solo é um dos fatores naturais intervenientes nos processos erosivos, e condicionada por um grande número de características intrínsecas do solo (textura, mineralogia, cimentação, estrutura). Neste trabalho será apresentada uma análise detalhada dos indicadores da erodibilidade dos solos do município de Campos, utilizando Análise Multicritério, em ambiente SIG. A erodibilidade em solo exposto foi obtida, pela integração da intensidade de precipitação, estabilidade dos agregados superficiais, declividade e velocidade de infiltração. A partir do cruzamento destes parâmetros foram obtidos os mapas do Efeito Gota e do Escorrimento Superficial, que deram

origem ao Mapa de Erodibilidade em Solo Exposto. Encontrou-se erodibilidade baixa nos Neossolos Flúvicos, Organossolos e Gleissolos, já nos Latossolos Vermelhos-Amarelos, Argissolos Vermelhos-Amarelos e Cambissolos Háplicos a erodibilidade variou de acordo com o relevo e intensidade de precipitação. Os resultados aqui obtidos podem ser usados para um adequado aproveitamento do solo e melhor gestão do município, em especial no seu plano diretor.

ABSTRACT

AHMED, Clarissa Regina Masiero, *MSc.*, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, July 2009, Factors influencing soil erodibility in town of Campos dos Goytacazes-RJ under a multicriterion evaluation. Adviser: Maria da Glória Alves.

Human occupation begins with deforestation and is followed by soil cultivation, roads' construction, creation of villages and cities and its continuous enlargement, either causing or accelerating erosion processes. Most hazardous consequences of erosion are silting, destruction of fertile soils, instability on hillsides, etc. Thus erosion becomes a highly relevant matter of study for different areas of sciences, including civil engineering and agronomy among these ones. Erodibility of soils is one of the natural factors involved on erosion process, it is conditioned by a large amount of intrinsic properties of soils (texture, mineralogy, cementation, structure). In this study we present an analysis on erodibility of soils' indicators in town of Campos, applying multicriterion evaluation using SGI technique. The erodibility on exposed soil was determined integrating intensity of rain, aggregate stability, slope and infiltration rate. From crossing these parameters we obtained the rain-drop splash map, and surface water flow map, which originated the map for Erodibility on exposed soil. We mostly find low erodibility for Fluvisols, Histosols and Gleysols,

while in Ferralsols, Acrisols and Cambisols erodibility varied according to local relief and intensity of precipitation. These results here obtained can be used for a more appropriate land usage, providing better management of the municipality, especially in its master plan.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre os solos é indispensável à avaliação das potencialidades e limitações ambientais de uma dada região. Todos os solos existentes na paisagem representam sua história. Desde o primeiro instante de sua gênese até o presente, fenômenos físicos e químicos diferenciados ocorrem no material que lhes deu origem, motivando progressivas transformações que se refletem na sua morfologia e nos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos, identificando-os (Oliveira et al., 1992).

Para Teixeira (2000) existe uma definição simples que se adapta aos propósitos das Ciências da Terra e que considera o solo como um produto do intemperismo, do remanejamento, e da organização das camadas superiores da crosta terrestre, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera, e das trocas de energia envolvidas.

Os solos encontrados na superfície da Terra apresentam grande diversidade em função das diferentes combinações de seus fatores de formação. Para realização da cartografia dos solos, etapa essencial e necessária para sua correta utilização nos diferentes domínios de aplicação, é de fundamental importância sua classificação (Teixeira et al., 2000).

Sob a influência conjunta dos fatores responsáveis pela formação dos solos, determinados fenômenos se manifestam simultaneamente, em diferentes intensidades, são os processos pedogenéticos. Sua formação desenvolve-se a partir

do intemperismo físico (desintegração física e mecânica das rochas) e químico (na presença de água e temperatura favorável ao desenvolvimento de reações, alterando os minerais). Na realidade, os solos são definidos, com freqüência, em função desses fatores, como “corpos dinâmicos naturais que possuem características decorrentes das influências combinadas de clima e atividades bióticas, modificados pela topografia, que atua sobre os materiais originários, ao longo de certo período de tempo” (Brady, 1989).

Os solos sobre os quais os homens tentam continuar desenvolvendo suas atividades e expandindo suas cidades, estão cada vez mais escassos. Isto é, em grande parte, devido à sua própria ação, pois o uso indiscriminado do solo sem a mínima preocupação com a conservação e manejo do mesmo, faz áreas nobres e produtivas se degradarem a estágios irreversíveis.

Atualmente, com o incremento da consciência ecológica nos diversos setores da população, presencia-se um grande aumento de pesquisas nas diferentes áreas relativas ao assunto, inclusive aquela referente à erosão.

A busca de metodologias que visem reduzir os impactos ambientais negativos oriundos das atividades antrópicas é uma necessidade para a própria sobrevivência humana. Hoje, é impossível dissociar um empreendimento da sua viabilidade ambiental. Neste sentido a questão erosão tem sido foco de vários debates que convergem na identificação do ser humano como um dos agentes principais na aceleração dos problemas do meio ambiente.

Existem diferenças metodológicas entre a erodibilidade determinada pela Equação de Perda de Solos e pela Análise Multicritério dos indicadores dos solos. Será apresentada neste trabalho a análise dos indicadores da erodibilidade dos solos de Campos dos Goytacazes em substituição ao uso quantitativo da equação de perdas.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a erodibilidade em solo exposto no Município de Campos dos Goytacazes utilizando Análise Multicritério em ambiente SIG.

Objetivos específicos

Para se chegar ao objetivo final é necessário que se cumpram os objetivos listados abaixo:

- Levantamento dos fatores que influenciam na erodibilidade dos solos;
- Formular uma tabela de hierarquização e distribuição de importância dos fatores envolvidos na erosão, possibilitando integrar as características de solo e clima específicas da região;
- Levantamento de dados: mapa pedológico, mapa de domínios bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro;
- Elaboração dos mapas: Efeito gota e Escorrimento Superficial.
 - a. Efeito gota através do cruzamento: Intensidade de Precipitação Média Anual x Estabilidade dos Agregados Superficiais.
 - b. Escorrimento Superficial através do cruzamento: Declividade x Velocidade de Infiltração.

- Elaboração do mapa de Erodibilidade em Solo Exposto através do cruzamento do mapa do Efeito gota e do mapa do Escorrimento Superficial.

3. JUSTIFICATIVA

O uso irracional do solo gera alteração no regime climático e no ciclo hidrológico, dando lugar a extremos de secas e chuvas torrenciais. Essas chuvas, incidindo sobre superfícies descobertas, em declives acentuados, formam enxurradas desenfreadas que ocasionam a erosão acelerada, a sedimentação, a devastação dos campos, a destruição de casas e estradas, a perda de vidas. Felizmente, os problemas relacionados com a utilização e conservação dos recursos naturais têm alcançado suficiente magnitude. Trabalhos de levantamentos de solo estão revelando a localização exata das áreas com problemas de erosão que necessitam de práticas de conservação do solo (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

Os estados brasileiros dispõem de informações relativas às suas principais classes de solos baseados no levantamento de reconhecimento exploratório. Este acervo que reúne mais de 1.500 descrições morfológicas de perfis padrões representativos das classes de solos brasileiros, acompanhadas de número superior a duzentas mil análises físicas, químicas e mineralógicas, é um dos maiores do mundo e certamente o maior acerca de solos tropicais. Nestes levantamentos estão contidas todas as características morfológicas, físicas, químicas, físico-químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, além de importantes informações relativas ao seu material de origem, cobertura vegetal e relevo local e regional, que, devidamente interpretadas em suas relações, definem e diferenciam suas principais fraquezas e fortalezas frente às diferentes ocupações (Ramos e Rego Filho, 2008).

Segundo Oliveira (2008), o conhecimento das propriedades do solo , como permeabilidade, espessura até a rocha coerente, consistência, textura, presença de materiais expansíveis , altura do lençol freático , dentre outros , são inferidas do levantamento pedológico , sendo de fundamental importância no planejamento de cidades e elaboração de planos diretores . Seu comportamento determinará o custo de implantação , dificuldade de execução e tempo de vida útil , se precoce ou duradoura, das obras . Logo, as informações contidas no levantamento do solo provém uma primeira aproximação para a solução dos impasses relacionados ao uso e ocupação do solo.

De acordo com Oliveira (2008), o mapa de solo é um documento importante no planejamento inicial de obras . Ele auxilia os técnicos e tomadores de decisão a identificar as potencialidades e limitações dos sítios onde as edificações serão executadas, permitindo ou não sua deliberação

Recentemente, utilizando os conhecimentos gerados por aplicativos, estão sendo realizadas interpretações visando a organização e planejamentos ambientais envolvendo a análise multicritério como ferramenta de apoio à decisão, sustentada em modelos baseados em conhecimento associados a um processo analítico hierárquico com combinação linear de pesos (Ramos e Rego Filho, 2008).

Na análise multicritério trabalha-se com estratégia de decisão que combina critérios úteis objetivando proceder uma determinada avaliação, escolhida entre as possíveis alternativas. As decisões são tomadas com base em critérios que são variáveis possíveis de serem medidas e avaliadas, podendo ser: fatores e restrições.

Em uma iniciativa pioneira, apresentamos, neste trabalho, uma metodologia na qual será analisada a erodibilidade dos solos campistas através dos indicadores relacionados diretamente à natureza dos solos da região em estudo.

Também deve ser lembrada a importância desse trabalho na região de Campos, que tem tradição agrícola e precisa preservar o seu solo para que possa haver agricultura sustentável.

Essa metodologia poderá ser expandida para todo o estado do Rio de Janeiro, ou para qualquer localidade sobre as quais se possa dispor dos dados necessários.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Considerações preliminares

Segundo Bastos (2000), o tema erosão dos solos é tratado por quatro grandes áreas do conhecimento: Agronomia, Hidráulica, Geologia e Engenharia. Na Tabela 1 é apresentado de forma sumária o principal enfoque de cada área sobre o tema, baseado na revisão de trabalhos de pesquisa publicados em periódicos e anais de eventos de cada uma das áreas.

O objetivo de pesquisar a erosão é medir a forma com que cada um dos diversos fatores influencia a perda de solo, para se ter uma estimativa de perda e direcionar o melhor uso e manejo do solo. Porém o alto custo das medidas diretas, como a determinação em parcela padrão (considerada o real valor da erosividade), tem incentivado os pesquisadores na busca por uma forma mais economicamente viável de prever a perda de solo. Dentre elas destaca-se a Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) e o nomograma de Wischmeier. Segundo Ribeiro (2006), o nomograma de Wischmeier tem sido muito usado para estimar o valor da erodibilidade, porém o fato de ter sido elaborado para solos americanos não viabiliza a predição de valores condizentes com os solos brasileiros.

Tabela 01 – Enfoque de estudos sobre a erosão por diferentes áreas do conhecimento (Bastos, 2000).

Área do conhecimento		Enfoque
Agronomia	Física dos solos	Estudo de características físicas, químicas e mineralógicas, que influenciam a erodibilidade dos solos dos horizontes superficiais, e estudo de modelos de previsão da perda de solo.
	Manejo e Conservação dos Solos	Estudo do impacto de técnicas de cultivo e manejo no processo erosivo.
Hidráulica	Hidráulica de Canais	Estudo da erosão localizada dos solos pelo fluxo d'água em estruturas hidráulicas (p. ex. canais em terra)
Geologia	Geologia de Engenharia	Estudos concentrados no diagnóstico ambiental da erosão, nas condicionantes geológicas e geomorfológicas à erosão regional e o relato de obras para controle da erosão.
Engenharia	Engenharia Geotécnica	Ainda limitada abordagem ao problema da erosão. Poucos trabalhos na modelagem dos mecanismos de erosão e em critérios de avaliação da erodibilidade de solos.

A Equação universal da perda de solo é expressa pela equação 1.

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

Equação (1)

onde:

A é a perda de solo acumulada por unidade de área ($t \text{ ha}^{-1}$);

R é o fator de erosividade da chuva e representa o índice de erosão pela chuva ($\text{MJ.mm ha}^{-1} .\text{h}^{-1}$);

K corresponde ao fator erodibilidade do solo e indica a intensidade da erosão por unidade de índice de erosão da chuva ($\text{t.h MJ}^{-1} . \text{mm}^{-1}$);

L é o fator comprimento de rampa (declive) (m);

S é o fator inclinação da encosta (porcentagem);

C é o fator uso e manejo do solo (adimensional);

P é o fator prático conservacionista (adimensional).

A erodibilidade é a única variável, na EUPS, relacionada com as características do solo. Ela está ligada às interações físico-químicas, biológicas e mineralógicas do solo.

Existe uma constante busca dos pesquisadores para relacionar os valores medidos em campo com as características físico-químicas, mineralógicas e biológicas do solo, passíveis de serem aferidas em laboratório. Esta busca tem como objetivo obter uma combinação que melhor quantifica a erodibilidade. Bertoni e Lombardi Neto (2005) atribuíram índices de erodibilidade para os solos de São Paulo.

Para se chegar ao valor da erodibilidade, leva-se em consideração os indicadores estabilidade dos agregados, relevo/pendente, profundidade da camada de impedimento, velocidade de infiltração, textura, estrutura, cobertura vegetal e intensidade pluviométrica.

A velocidade do escoamento superficial depende da quantidade de água disponível, que por sua vez é altamente dependente da estrutura existente no solo e do relevo local. Quando o solo torna-se desestruturado, devido às partículas que antes formavam sua estrutura estarem individualizadas, estas são facilmente carregadas ao longo do perfil do solo, entupindo ou reduzindo de forma expressiva os macroporos existentes, resultando em uma menor taxa de infiltração de água, o que contribui para o acúmulo de água na superfície; fundamental para iniciar o processo erosivo. As partículas do solo, devido seu reduzido tamanho por estarem individualizadas, são facilmente transportadas quando comparado a um agregado do solo.

A erodibilidade dos solos considerada por Ribeiro (2006) foi a estudada por Bertoni e Lombardi Neto (1990), usando as unidades pedológicas de São Paulo, e determinaram seus respectivos índices de erodibilidade, conforme a Tabela 2. Esses índices variam de 0 a 0,54, mas foram levados a escala de 0 a 10 para então serem definidas as cinco classes de erodibilidade consideradas. A partir desta escala, Correa (2003) e Ribeiro (2006) relacionaram os solos do município de Campos e sua erodibilidade.

Tabela 02 – Unidades pedológicas para o estado de São Paulo e seus respectivos índices de erodibilidade. (Bertoni e Lombardi Neto, 1990)

Classe	Erodibilidade	Unidades pedológicas
I	10,0 a 8,1	- Cambissolos, Solos Litólicos - Podzólicos abruptos, textura arenosa/média - Areis Quartzozas
II	8,0 a 6,1	- Podzólicos não abruptos, textura média/argilosa e textura média
III	6,0 a 4,1	- Podzólicos de textura argilosa
IV	4,0 a 2,1	- Latossolos de textura média -Latossolos de textura argilosa (Amarelo) - terra roxa estruturada
V	2,0 a 0	- Solos Hidromórficos em relevo plano

Ribeiro (2006) estudou quantitativa e qualitativamente a erosão laminar no município de Campos dos Goytacazes utilizando técnicas de geoprocessamento. Em sua análise da perda de solo por erosão laminar foi usada a modelagem de EUPS. A suscetibilidade à erosão laminar na região foi analisada pelo cruzamento matricial de informações sobre o declive da área e a erodibilidade dos solos.

Este trabalho pretende estudar a erodibilidade em solo exposto da região, pelo cruzamento matricial de informações da erodibilidade utilizando análise multicritério.

4.2 Solos

Segundo Oliveira e Brito (1998), a visão de solo depende do enfoque científico de interesse. Para a geologia, solo é o produto do intemperismo físico e químico da rocha. Para a engenharia civil, solo é um material escavável que perde

resistência quando em contato com a água . Para o agrônomo , o solo é como uma camada superficial possuidora de vida, e arável.

Estudos sobre solos demonstram que sua origem e evolução sofrem a influência de cinco fatores: clima, organismos, material originário , relevo e tempo (Jenny, 1941). Essas variáveis foram representadas pela seguinte função.

$$\text{Solo} = f(\text{clima, organismos, material originário, relevo e tempo}).$$

O fator climático atua diretamente na formação do solo, por meio da alteração dos minerais do substrato, ou indiretamente, por meio da vegetação. Pode-se dizer que, em geral, os aspectos climáticos mais importantes no desenvolvimento pedogenético são representados pela temperatura e precipitação pluviométrica. Com o aumento da temperatura, a velocidade de uma reação química aumenta de duas a três vezes, tornando assim uma maior profundidade do terreno submetido à alterações físicas e químicas. Quanto à influência da precipitação pluviométrica no desenvolvimento pedogenético deve-se considerar não apenas a ação da água no processo de alteração química dos minerais, mas também o seu importante papel na promoção do movimento de soluções e do processo de lixiviação do solo (Oliveira e Brito, 1998).

A influência da vegetação na formação do solo se manifesta, de maneira direta, pelo fornecimento de resíduos orgânicos e elementos minerais e, indiretamente, modificando o microclima e protegendo o solo contra erosão. Os restos vegetais, acumulados na superfície do solo, passam progressivamente por transformações físico-químicas sob estreita dependência do clima, produzindo húmus. A produção, acúmulo e migração do húmus representam aspectos fundamentais de desenvolvimento pedogenético (Oliveira e Brito, 1998).

A natureza da rocha matriz, sua composição mineralógica e química, e o estado original de fraturamento, exercem influência capital sobre as características do solo que desta se origina. O tempo necessário para que um solo se desenvolva está bastante relacionado à constituição mineralógica do substrato rochoso, especialmente à facilidade, mais ou menos relevante, com que a água atravessa a cobertura pedológica, reage com os constituintes minerais da rocha e renova os elementos liberados pela alteração (Oliveira e Brito, 1998).

A influência do relevo na formação do solo manifesta-se, fundamentalmente, pela sua interferência na dinâmica da água, e nos processos de erosão e sedimentação. Deve-se, entretanto, nestes casos, considerar também as características dos terrenos relacionadas à percolação das águas superficiais e subsuperficiais (Oliveira e Brito, 1998).

Entende-se o solo como um sistema dinâmico, em continuo desenvolvimento, é evidente que as suas características se relacionam com o estado mais ou menos avançado de sua evolução. Entretanto, o tempo necessário para que um solo atinja determinado estágio evolutivo depende da influência dos demais fatores na sua formação (Oliveira e Brito, 1998).

4.3 Erosão

A ocupação humana, iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, constitui fator decisivo da origem e aceleração dos processos erosivos. Deflagrados pela ocupação do solo, os processos erosivos passam a ser comandados por diversos fatores naturais relacionados às características da chuva, do relevo, do solo, e da cobertura vegetal. A frequência da manifestação dos processos erosivos, do tipo laminar e em sulcos, e o desenvolvimento de ravinas profundas e voçorocas mobilizam um grande volume de sedimentos destruindo terras de cultura, equipamentos urbanos e obras civis.

Salomão e Iwasa, 1995, relatam que parte dos sedimentos provenientes da erosão deposita-se em posições determinadas das vertentes, destruindo solos férteis; e outra parte, pode atingir o fundo dos vales, provocando assoreamento dos cursos d'água ou de reservatórios. O assoreamento se constitui em um dos mais graves impactos da erosão no meio ambiente, desequilibrando as condições hidráulicas, promovendo enchentes, perdas de capacidade de armazenamento de água, incremento de poluentes químicos, e gerando prejuízos para o abastecimento e produção de energia.

Os processos de dinâmica superficial são resultados da interação de diversos fatores físicos, químicos, biológicos e, recentemente, quando o homem passou a

interferir nos processos naturais, também de fatores antrópicos (socioeconômicos, culturais ou tecnológicos).

Partindo do meio físico, com a ótica da Geologia de Engenharia, Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998), observaram que o fenômeno da erosão está enquadrado nas esferas da hidrosfera (escoamento das águas em superfície) e da litosfera (exógenos: intemperismo e movimentos de massa).

De acordo com Lloopis Trillo (1999), erosão provem do verbo latino *erode* que significa roer. É um fenômeno geológico natural gerador de sedimentos, que sempre existiu na superfície terrestre, começando quando as rochas põem-se em contato com a atmosfera. Em última instancia se deve a energia solar e a presença de um potencial regulador que é a gravidade e seu poder de influência em toda a superfície do planeta, como também na mesma intensidade no tempo e no espaço.

A intensidade com que se manifesta depende de uma série de fatores que, por sua vez, são dependentes da geologia e do clima da região considerada, e ainda, da ação antrópica.

Para Wischmeier e Smith (1965) a erodibilidade é uma propriedade do próprio solo, uma combinação particular de propriedades intrínsecas deste, que influencia na infiltração e permeabilidade. Segundo os autores, a erodibilidade justificaria o porque de alguns solos erodirem mais facilmente que os outros, mesmo quando o declive, a chuva, a cobertura e o manejo dos solos são os mesmos. Segundo Bastos (2000) a erodibilidade é a maior ou menor facilidade com que as partículas do solo são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo, sendo a propriedade do solo mais complexa a ser medida, por estar em função de um grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes.

4.3.1 Propriedades do solo no processo erosivo

A erosão não é a mesma em todos os solos. As propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo influenciam a erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

Suas condições físicas e químicas, ao conferirem maior ou menor resistência à ação das águas, tipificam o comportamento de cada solo exposto a condições

semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

A textura, ou seja, o tamanho das partículas é um dos fatores que influenciam na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão. Assim, por exemplo, o solo arenoso, com espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade pode absorver toda a água, não havendo, porém, nenhum dano; entretanto, como possui baixa proporção de partículas argilosas que atuam como uma ligação entre as partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que escorre na sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo. Já no argiloso, com espaços porosos bem menores, a penetração da água é reduzida, escorrendo esta mais pela superfície; entretanto, a força de coesão das partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam as partículas de solo, também é de grande importância na quantidade de solo arrastado pela erosão. Há dois aspectos de estrutura do solo a serem considerados no estudo da erosão: (a) a propriedade físico-química da argila que faz com que os agregados permaneçam estáveis em presença da água, e (b) a propriedade biológica causada pela abundância de matéria orgânica em estado ativo de decomposição. Os agregados dos solos com argila montmorilonita são pouco estáveis em água, e os com argila caulinitica são mais estáveis, estando a illita em posição intermediária; a maior estabilidade dos agregados condiciona menos enxurrada e menos erosão. As propriedades biológicas na estabilidade dos agregados são, hoje, amplamente reconhecidas; a diminuição da erosão pela estabilidade dos agregados deve-se ao efeito de coesão das partículas proporcionado pelos produtos em decomposição (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

O conteúdo de matéria orgânica, a profundidade do solo e as características do subsolo também exercem efeito nas perdas por erosão. A quantidade de matéria orgânica no solo é de grande importância no controle da erosão. Nos solos argilosos, modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água, o que é explicado pelas expansões e contrações alternadas que decorrem de seu umedecimento e secamento sucessivos. Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção da água. A matéria orgânica retém de duas a

três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, do que resulta uma diminuição na perda por erosão (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

4.3.2 Mecanismo da erosão

Fazendo abstração da erosão eólica, toda remoção de solo exige a presença de água sobre terreno, sendo que em países tropicais a água da chuva é o principal agente de transporte dos materiais inconsolidados (Oliveira e Brito, 1998). A água da chuva exerce sua ação erosiva sobre o solo mediante o impacto da gota de chuva, a qual cai com velocidade e energia variáveis, segundo o seu diâmetro, e mediante a ação de escoamento.

As gotas de chuva que golpeiam o solo contribuem para a erosão da seguinte maneira: (a) desprendem as partículas do solo no local que sofre o seu impacto; (b) transportam por salpicamento as partículas desprendidas; (c) imprimem energia, em forma de turbulência, a água de superfície. A água que escorre na superfície de um terreno, principalmente nos minutos iniciais, exerce uma ação transportadora (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

O movimento do solo pela água é um processo complexo, influenciado pela quantidade, intensidade e duração da chuva, natureza do solo, cobertura vegetal, declividade da superfície do terreno. Em cada caso, a força erosiva da água é determinada pela interação ou balanço dos vários fatores, favorecendo, alguns, o movimento do solo, e outros opondo-se a ele. O material do solo deve primeiro ser deslocado de sua posição da superfície antes que possa ser transportado. Em seguida, é carregado na suspensão ao longo da superfície do terreno. O processo é resultado do impacto da gota de chuva, da turbulência do movimento da água e do escoamento na superfície (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

As diferenças em erodibilidade do solo sugerem que as suas propriedades e as ocasionadas pelo uso do solo são da maior importância no processo de erosão pela água.

A ação da compactação das gotas de chuva causa no solo, rapidamente, a perda da sua capacidade de infiltrar água; resultando no grande volume de enxurrada durante as chuvas mais intensas. Quando a superfície do solo está sendo golpeada pelas gotas de chuva, a velocidade de infiltração de água no solo diminui rapidamente com a proporção do tamanho das gotas; o decréscimo de infiltração é

maior nos terrenos planos, e vai diminuindo progressivamente a medida que aumenta o grau de declive do terreno (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

O escozimento da água na superfície é o maior agente de transporte das partículas de solo. A quantidade de força gerada pela enxurrada é relacionada com a concentração e velocidade com que ela se move morro abaixo. A água que escorre ganha energia pelo aumento de massa no seu movimento morro abaixo, ou pelo aumento de velocidade que adquire por uma rápida mudança na declividade do terreno. A erosão é máxima quando a enxurrada contém quantidade suficiente de material abrasivo para desprender a maior quantidade possível que a enxurrada seja capaz de transportar. A energia da enxurrada é função da massa e da velocidade de escozimento da água; a massa é determinada pela quantidade e qualidade da enxurrada (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

A energia de escozimento na superfície tende a se concentrar e ser mais alta nas rampas mais longas; isso faz com que a enxurrada produza grande número de sulcos e cause as maiores perdas de solo nas partes mais baixas dos grandes lançantes.

Os materiais de solo depositados pelo movimento de água são geralmente separados por tamanho de partículas. Primeiro são depositados os de baixa transportabilidade e, por último, os materiais mais leves, nos pontos mais distantes das partes mais baixas.

Assim, para controlar a erosão, é preciso deter não só o escozimento da enxurrada que transporta as partículas de solo, como também, e principalmente, o efeito da dispersão dos agregados do solo, eliminando o desprendimento das partículas causado pelas gotas de chuva (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

4.3.3 Erodibilidade do solo

A erodibilidade do solo é a sua vulnerabilidade ou susceptibilidade a erosão, que é a recíproca da sua resistência à erosão. Um solo com alta erodibilidade sofrerá mais erosão que um com baixa erodibilidade se ambos estiverem expostos a mesma chuva.

Com o advento da equação universal de perdas de solo, estudos do fator erodibilidade do solo foram intensificados como auxílio de simuladores de chuva, que permitiram obter em curto período de tempo grande número de dados.

Trabalhos correlacionando perdas de solo e propriedades físicas do solo vem sendo desenvolvidos, desde então, por vários autores.

4.3.3.1 Fatores que determinam a erodibilidade dos solos

A erodibilidade, tanto no que tange a ação das chuvas quanto o do vento, é uma medida direta das propriedades físicas do solo ou da rocha, e de difícil quantificação.

Com a deflagração dos processos erosivos, em função da ocupação do solo, estes processos são comandados por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos, destacando-se: a chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solo e o substrato rochoso.

A água da chuva provoca a erosão do solo através dos impactos das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do escoamento da enxurrada. Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e de intensidade. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como trombas d'água, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante esses eventos, a aceleração da erosão é máxima (Salomão e Iwasa, 1995).

A resistência que o solo exerce à ação erosiva da água esta determinada por diversas de suas características ou propriedades físicas e químicas, e pela natureza e quantidade do seu revestimento vegetal. O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: (a) proteção direta sobre o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes da planta que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície. A vegetação também tem parte importante na erosão eólica, reduzindo a velocidade do vento na superfície do solo e absorvendo a maior parte da força exercida por este (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

A cobertura vegetal protege o solo contra a erosão pluvial, aumentando a evapotranspiração e a infiltração, diminuindo o escoamento. Parte da água da chuva

não chega ao solo, sendo interceptada pela folhagem e evapora diretamente, outra parte se escoia pelos ramos e troncos lentamente, indo ao solo para se infiltrar.

A vegetação constitui barreira física ao transporte de matérias (principalmente as plantas rasteiras), reduzindo a velocidade de escoamento da água, de tal maneira que, quando a velocidade é reduzida à metade, o transporte cai a quarta parte de seu valor; por outro lado, a presença de um sistema radicular constituído de uma infinidade de filamentos microscópicos aderentes aos grãos dará uma solidez muito maior a sua estrutura, ao mesmo tempo em que aumenta sua porosidade. Pode-se acrescentar a esses efeitos, o da formação de materiais coloidais pela decomposição de folhas e outros vegetais que caem sobre o chão, materiais esses que exercem ação aglutinante das partículas, originando agregados de maiores dimensões e elevando a porosidade do solo, que se torna, assim, mais capaz de absorver a água (Bertoni e Lombardi Neto, 2005).

A influência do relevo na intensidade erosiva verifica-se, principalmente, pela declividade e comprimento de rampa, da encosta ou vertente, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. Os terrenos com maiores declividades e maiores comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva, mas uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita à grande vazão do escoamento das águas superficiais (Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998).

O tipo de solo, nas formações superficiais, é muito variável e representa uma grande importância na erosão. As rochas sofrem erosão muito lenta, mas os solos podem ter uma grande erosão dependendo da sua textura e estrutura. A textura representa o tamanho das partículas, enquanto a estrutura representa o arranjo e o agrupamento dessas mesmas partículas, influenciando esses aspectos na permeabilidade.

De acordo com Mota (1997), as características do solo tem influência no processo de erosão. Dependendo de sua estrutura e da sua textura, será maior ou menor a quantidade de solo arrastado. A permeabilidade é outro fator importante, pois, quanto maior for a mesma, mais elevada será a infiltração e menor será o escoamento superficial e, por conseqüência, menor será a erosão. A profundidade do solo também influencia, pois quanto maior for a camada de solo, mais água ele acumulará, logo reduzindo o escoamento superficial.

As propriedades do solo mais importantes no seu comportamento quanto a maior ou menor susceptibilidade à erosão são: textura, estrutura, densidade aparente, porosidade, permeabilidade, teor de matéria orgânica e estabilidade dos agregados.

A textura e a estrutura apresentam influência sobre o espaço poroso do solo e distribuição de seus poros, dificultando em maior ou menor intensidade o movimento da água.

A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam as partículas de solo é de grande importância na quantidade de solo arrastado pela erosão. A maior estabilidade dos agregados condiciona menos enxurrada e menos erosão. As propriedades biológicas na estabilidade dos agregados são amplamente reconhecidas, a diminuição da erosão pela estabilidade dos agregados deve-se ao efeito de coesão das partículas proporcionado pelos produtos em decomposição.

A susceptibilidade de um solo ao processo erosivo aumenta com a redução da estabilidade de sua estrutura. A velocidade deste processo vai depender da estabilidade dos agregados e dos agentes agregantes presentes no solo. Solos que apresentam estruturas grandes tem como agentes agregantes predominantes os íons cálcio e magnésio, associados à alta atividade da argila. Já no outro extremo, em solos com estrutura pequena (blocos pequenos, granular, ultrafina granular) e que possuem argila de menor atividade e baixo teor de matéria orgânica, os principais íons agregantes são o hidrogênio e alumínio.

A matéria orgânica é considerada o principal agente de estabilização dos agregados do solo. Agregados estáveis significam menores problemas com degradação por impacto de gotas de chuva, portanto menores problemas de selamento superficial e maiores índices de infiltração de água (Roth et al., 1991).

Brady (1989), relata que a matéria-orgânica corresponde, via de regra, a pelos menos metade da capacidade de permuta do solo e é talvez responsável mais do que qualquer outro fator isolado, pela estabilidade dos seus agregados. E ainda que, a matéria-orgânica é responsável pelo aumento da capacidade de retenção de água de um solo. Salomão e Iwasa, 1995 citaram que tal acréscimo é advindo da capacidade que a matéria orgânica possui de reter de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a capacidade de infiltração.

A porosidade é a relação entre o volume de vazios e o volume total. De acordo com Silva et al. (1999), a grande importância da porosidade está no fato de

que através dela se dá a transferência de sólidos, líquidos e gases no interior do solo, bem como a atividade biológica, sendo também responsável pela retenção de mais ou menos água no solo, e ressalta que um fator de grande importância refere-se à intercomunicabilidade entre os poros. Afinal se um solo é muito poroso e não há intercomunicação entre os poros este se comporta como pouco poroso. Em geral solos mais porosos são mais permeáveis e assim, permitem maior infiltração das águas das chuvas atrasando o início do *runoff*.

A densidade do solo, relação entre a sua massa total e volume, é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Por efeito de compactação do solo, observa-se um aumento da densidade, como resultado da diminuição dos macroporos; em função disto, o solo torna-se mais erodível.

De acordo com Guerra (1994), a densidade aparente pode aumentar sobre várias circunstâncias, mas a agricultura parece ser o que mais afeta esta propriedade de solo, tanto devido à redução da matéria-orgânica como pelo uso de máquinas agrícolas.

Outra característica importante do solo, com relação ao comportamento erosivo, é a sua espessura. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas (Salomão e Iwasa, 1995).

Para Silva et al. (1999), as mudanças radicais bruscas no diâmetro e na morfologia dos poros podem acarretar sérios problemas de erosão, principalmente em solos com descontinuidades texturais e estruturais abruptas, ou seja, horizontes subsuperficiais argilosos, com porosidade textural fina e poros fissurais. Neste caso, a água infiltra rapidamente no horizonte superficial e sofre uma brusca redução na velocidade de infiltração no topo do horizonte B, levando a um encharcamento da superfície iniciando um movimento lateral e podendo provocar erosão.

As características litológicas do substrato rochoso, associadas à intensidade do intemperismo e à natureza da alteração e do grau de fraturamento, condicionam a susceptibilidade do material à erosão.

4.4 Classificação pedológica

Existem inúmeras classificações de solos já estabelecidas, sendo a mais difundida a conhecida como Soil Taxonomy (Estados Unidos 1975, 1999). Desde 1999 contamos no Brasil com sistema taxonômico próprio para classificar nossos

solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS).

O exame de uma seção vertical de um solo, conforme encontrado no terreno, revela a presença de camadas horizontais mais ou menos distintas. Tal seção é denominada perfil e as camadas isoladas são chamadas horizontes. Estes horizontes superpostos ao material originário recebem a designação coletiva de “solum”, termo latino original, que significa solo, terra ou fração de terra (Brady, 1989).

Todo solo bem desenvolvido e inalterado possui suas inerentes características diferenciais de perfil, que são utilizadas nas suas próprias pesquisas e classificação e assumem grande importância prática. Na avaliação de um solo, seu perfil deverá ser considerado como um todo (Brady, 1989).

Grupos de solos muito diferentes em suas características são também contrastantes no seu uso, pois os problemas do seu manejo não poderão ser os mesmos. O conhecimento das peculiaridades de cada tipo de solo é que condiciona o seu melhor aproveitamento (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

No levantamento de solos, são efetuados procedimentos de caracterização morfológica do perfil e a coleta de amostras de solo para análises químicas e físicas. A partir das descrições morfológicas e dados analíticos do perfil, o solo é classificado e identificado.

4.5 SIG

Segundo Assad e Sano (1998), o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando, de maneira crescente, as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Conforme Assad e Sano (1998), geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de sistemas que, incorporando tecnologias de informação aplicadas ao meio ambiente, e permite o gerenciamento otimizado das informações.

A necessidade de implantação de mecanismos sistemáticos, econômicos e ágeis de gestão da informação para municípios que começam a experimentar maior grau de crescimento, vem da rápida dispersão dos dados no curto espaço de tempo. Assim, através de um SIG é possível ter controle das variáveis do sistema. Desta forma o poder público e a comunidade passam a ter em mãos, importantes ferramentas de gerenciamento e desenvolvimento.

Conforme Ipira (1996), todo trabalho voltado para a avaliação de impactos ambientais de uma determinada área de estudo também prescinde da criação de um banco de dados ambientais. Esse banco de dados, como um valioso instrumento auxiliar de gestão, deve atender ao conhecimento da realidade e identificação de problemas. Desta forma, pode-se embasar a elaboração de propostas que venham a oferecer alternativas para a viabilidade sócioeconômica da região estudada.

Na última década a utilização de Geoprocessamento subsidiando análises ambientais obteve um considerável desenvolvimento. A grande quantidade de informações compiladas sobre o meio ambiente, principalmente obtidas por meio de satélites, a redução dos custos computacionais, tanto de hardware quanto de software, associada à maior capacitação do pessoal envolvido têm servido como fatores de modificação na forma de análise, monitoração e gerenciamento de recursos naturais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), constituem tecnologia para a investigação de fenômenos diversos, relacionados com engenharia urbana, geologia, pedologia, vegetação, bacias hidrográficas, problemas ambientais, etc. Esses sistemas podem ser definidos como uma coleção organizada de hardware, software, dados geográficos e pessoal envolvido no trabalho, projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações referenciadas geograficamente (Calijuri e Rohm, 1994).

“Os SIGs combinam os avanços da cartografia automatizada, dos sistemas de manipulação de banco de dados e do sensoriamento remoto, com o desenvolvimento metodológico em análise geográfica, para produzir um conjunto de procedimentos analíticos que auxiliam no gerenciamento e na atualização constante das informações disponíveis” (Calijuri e Rohm, 1994).

O surgimento dos SIG permitiu a interligação de diversas ciências e tecnologias e modificou completamente a forma de análise, monitoramento e

gerenciamento de recursos naturais (Alves, 2000).

A utilização de um SIG possibilita a análise integrada de um conjunto de dados, proporcionando vantagens do ponto de vista qualitativo e quantitativo.

Segundo Burrough (1993), a principal característica de um SIG é a capacidade de transformar e combinar dados espaciais e não espaciais gerando respostas a necessidades do planejamento.

4.5.1 Análise Multicritério

Na análise multicritério trabalhamos com estratégia de decisão que combina critérios úteis, objetivando proceder a uma determinada avaliação escolhendo entre as possíveis alternativas.

O procedimento e a forma para a escolha dos critérios e a metodologia para combiná-los são denominados regras de decisão, que são os procedimentos para combinar graus de adequabilidade de múltiplos critérios para determinado objetivo (Eastman, 1997).

Uma das grandes dificuldades encontradas num processo de decisão que envolve múltiplos critérios é a forma como se deve quantificar a importância relativa entre cada um deles. Assim, se faz necessário atribuir grau de importância relativa de cada critério no processo de decisão, o que é feito atribuindo-se pesos a cada um deles. A correta atribuição dos pesos é importante para que sejam mantidas as preferências do decisor.

Segundo Zuquete e Gandolfi (2004), é uma metodologia que permite a análise de um grande número de atributos e os intervalos de valores. Este método no âmbito da cartografia, baseia-se na seleção e hierarquização do atributo e a forma de ocupação em análise. Nesse método deve-se evitar as unidades sem significado técnico ou que não ocorra na região em estudo.

Cita-se como exemplo os trabalhos de Costa et al. (2005) e de Brenda (2008),

O trabalho de Costa et al. (2005), destaca-se pelo pioneirismo no Brasil, e consistiu na obtenção do mapa de favorabilidade de terra para a agricultura familiar em todo território brasileiro utilizando análise multicritério. Para alcançar o objetivo, Costa et al. (2005) dividiu o trabalho em quatro níveis, sendo elas: variável objetivo, macro fatores, fatores e indicadores. Atribui-se pesos a cada um de acordo com seu grau de prioridade cruzando cada nível partindo dos indicadores, nível 4, até a

variável objetivo, nível 1.

Brenda (2008) considerou em seu trabalho restrições e fatores para a escolha de áreas propícias à construção de aterro sanitário para o Município de Campos dos Goytacazes/RJ. Foi considerado como restrições critérios ambientais descrito por normas legais, excluindo áreas que não se adequavam ao objetivo. Bem como fatores, os critérios que definiam algum grau de aptidão para a área considerada. Após propor uma relação de importância entre os fatores, cruzou-os obtendo as áreas mais adequadas ao objetivo proposto.

5. DESCRIÇÃO DA ÁREA

5.1. Caracterização da área em estudo - localização e acesso

O município de Campos dos Goytacazes (Figura 01) está localizado na região Norte Fluminense/Baixada litorânea, aproximadamente a 279 km da capital estadual, com uma área de 4.037 km², sendo o maior município do estado, com latitude 21°45'14"S e longitude 41°19'26"O a uma altitude de 11 m acima do nível do mar

O principal acesso à cidade é através da BR-101, que liga Vitória/ES ao Rio de Janeiro/RJ, possuindo ainda outros acessos como a BR-356 que liga a cidade a Minas Gerais e a São João da Barra e a RJ-216, na direção do litoral, que é fundamental ao apoio das atividades de exploração de petróleo na plataforma continental.

Fazem limites com a cidade os seguintes municípios: São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, Quissamã, Conceição de Macabu, Santa Maria Madalena, São Fidélis, Cardoso Moreira, Italva, Bom Jesus do Itabapoana e Mimoso do Sul (ES).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região Norte Fluminense é Aw, isto é, tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18°C. A temperatura média anual esta em torno de 24°C.

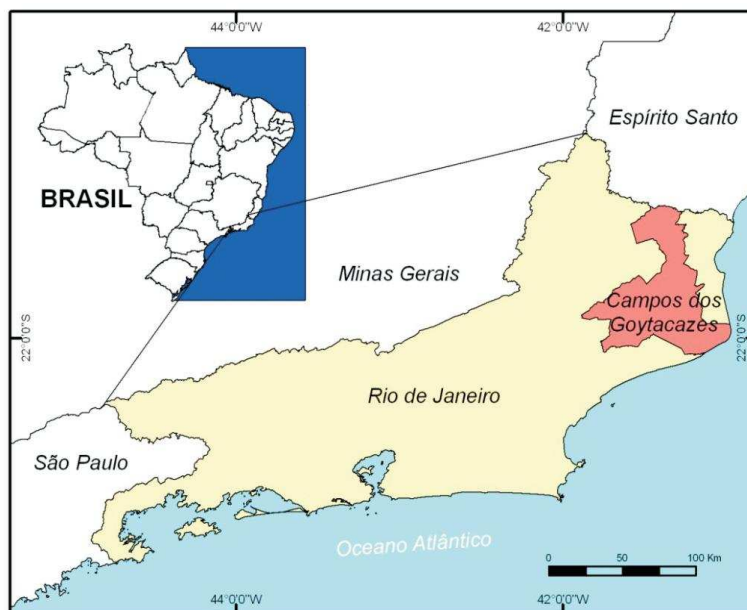


Figura 01: Localização do município de Campos dos Goytacazes (OFIGEO, 2008).

5.2. Aspectos a serem analisados

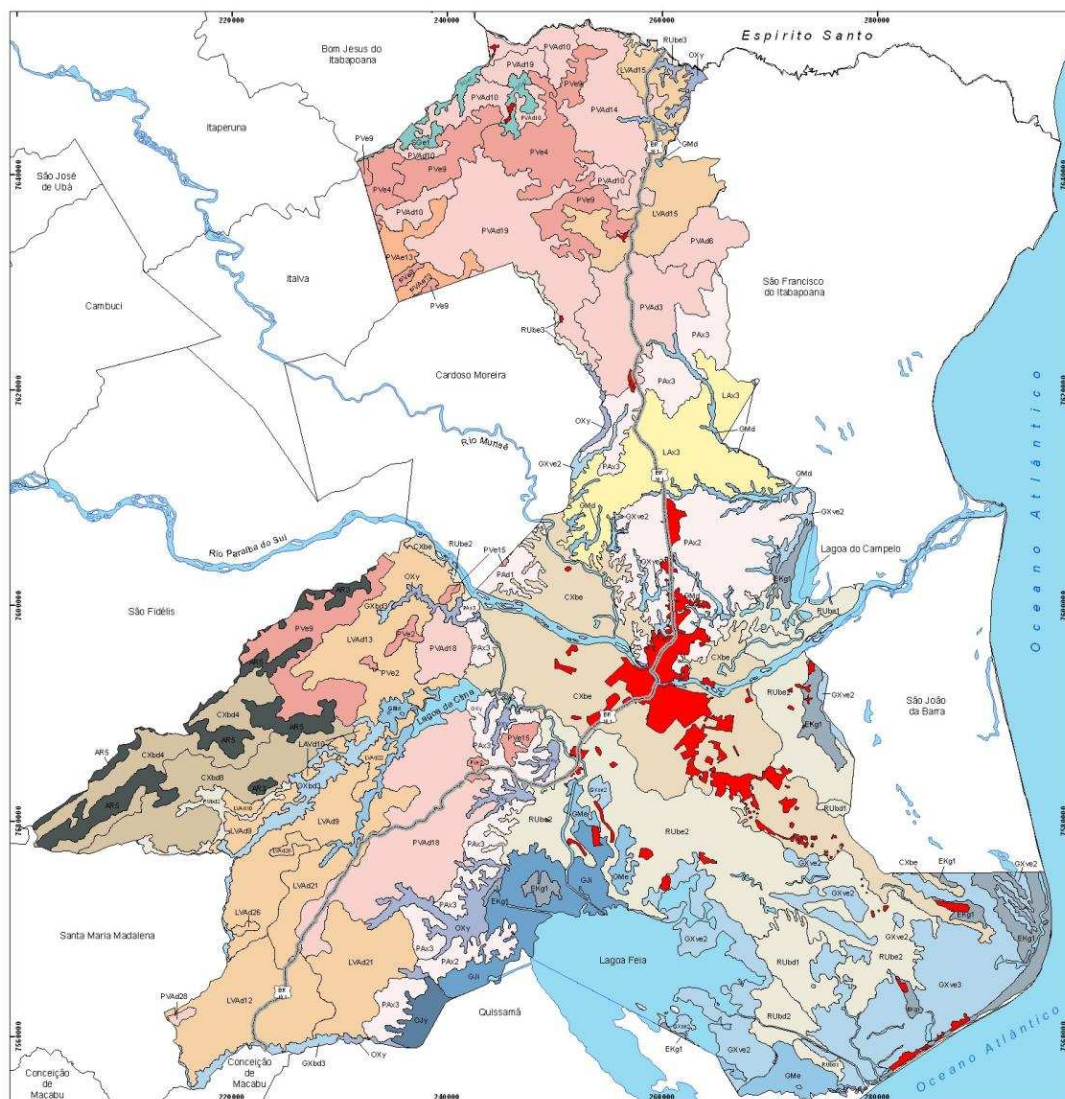
O mapeamento de solos é o setor da pedologia que utiliza os conhecimentos de gênese, geomorfologia, material originário, relevo, e aspectos de macro drenagem para espacializar as classes de solos.

Consideramos os estudos das relações genéticas entre o solo e os demais elementos que constituem o meio natural para interpretar os processos da dinâmica superficial.

5.2.1. Pedologia

A região em estudo conta com o mapa pedológico, na escala de 1:250.000, realizado pela Embrapa Solos em 2003 (Figura 02).

A pedologia existente na área de estudo é constituída por 45 classes de solos, classificadas segundo atributos diagnósticos em um nível de generalização ou abstração, chamadas de Níveis Categóricos, que são seis, primeiro: ordens, segundo: subordens, terceiro: grandes grupos, quarto: subgrupos, quinto: famílias, e sexto: séries (Embrapa, 2006). Contudo, neste trabalho usamos a classificação até o nível 4, pois os 5 e o 6 estão em discussão.



Legenda

	Área Urbana		Cambissolo Háplico Dist. CXbd4, CXbd8
	Corpos d' Água		Latossolo Amarelo LAx3
	Espodossolo Cárbico EKg1		Latossolo Vermelho Amarelo LVAd9, LVAd10, LVAd12, LVAd13, LVAd15, LVAd21, LVAd22, LVAd26,
	Gleissolo Tiomórfico GJ		Argissolo Amarelo PAd1, PAX1, PAX2, PAX3
	Gleissolo Melânico GMd, GMe		Argissolo Vermelho Amarelo PVAd3, PVAd6, PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd28
	Gleissolo Háplico GXbd3, GXve2, GXve3		Argissolo Vermelho Eutrófico PV Ae13
	Organossolo Tiomórfico OJy		Argissolo Vermelho Eutrófico PVe15
	Organossolo Háplico OXy		Afloramento de Rocha AR3, AR5 e Neossolo Litólico
	Planossolo Hidromórfico SGe1		
	Neossolo Flúvico RUBd1, RUBd2, RUBe1, RUBe2, RUBe3		
	Cambissolo Háplico Eut. CXbe		

10 5 0 10 km

Projeção UTM
Datum: SAD 69

Figura 02: Mapa pedológico do Município de Campos
(Fonte: Embrapa 2003 - modificado por Costa, 2009).

Para a simbologia das classes dos níveis categóricos, o Comitê Executivo de Classificação dos Solos utiliza no 1º e 2º níveis letras maiúsculas e no 3º nível letras minúsculas. Já para o 4º nível categórico são utilizados números arábicos. Esta nomenclatura é usada na composição de legendas de mapas ou tabelas no mapeamento de solos (Embrapa, 2006).

As classes de solos do município de Campos dos Goytacazes são definidas a seguir:

A) Argissolos

Esta classe compreende solos minerais, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta, conjugada com saturação por bases baixa, ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo um aumento de argila daquele para este. Essa relação, à medida que atinge valores mais elevados, indica solos cada vez mais erodináveis, mantidas as mesmas condições de cobertura vegetal e declividade. São particularmente suscetíveis a erosão os argissolos com a presença de mudança textural abrupta, os quais, no nível de subordem, são identificados pelo termo “abruptico”, como os Argissolos Vermelhos Distróficos abrupticos e os Argissolos Vermelho-Amarelos Distrófico abrupticos entre outros (Oliveira, 2008).

O horizonte Bt pode-se encontrar a variadas profundidades, o que implica que entre solos de uma mesma subordem e em mesmas condições de relevo e uso pode haver comportamentos variados, dependendo da espessura. (Oliveira, 2008).

Na área de estudo encontra-se os ARGISSOLOS VERMELHOS, os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e os ARGISSOLOS AMARELOS.

- ARGISSOLOS VERMELHOS - essa classe compreende solos com horizonte B textural de coloração avermelhada. São os solos presentes nas áreas de relevo montanhoso e forte ondulado da região, correspondentes às serras e bordas de superfícies elevadas.

- *ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos típicos (PVe)* – apresentam saturação por bases maior ou igual a 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, possui horizonte A moderado, com textura argilosa a muito argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo montanhoso e relevo forte ondulado.
- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS - os solos dessa classe distinguem-se dos Argissolos Vermelhos pela coloração mais amarelada do horizonte Bt. Apresentam grande expressão espacial na área, em relevo que varia de suave ondulado a montanhoso. É comum a presença de solos com características intermediárias com Latossolos, com os quais se encontram freqüentemente associados. São solos geralmente bem drenados, de textura média/argilosa ou média/muito argilosa;
 - *ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos típicos (PVA_d)* – solos distróficos, ou seja, saturação por bases menor que 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, possui horizonte A moderado, com textura média argilosa a argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo montanhoso, forte ondulado e ondulado.
 - *ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos latossólicos (PVA_d)* – solos distróficos com horizonte B latossólico abaixo do horizonte B textural, dentro de 150cm da superfície do solo, possui horizonte A moderado, com textura média argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo forte ondulado.
 - *ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos típicos (PVA_e)* - solos eutróficos, ou seja, saturação por bases maior que 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, possui horizonte A moderado, com textura média argilosa a argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo forte ondulado.
- ARGISSOLOS AMARELOS - essa classe é constituída por solos com horizonte B textural de coloração amarelada. São em geral profundos e bem drenados. Esses solos estão também relacionados aos sedimentos do Grupo Barreiras e congêneres.
 - *ARGISSOLOS AMARELOS Distrocoesos típicos (PA_{dx})* – solos com caráter coeso e distrófico, ou seja, saturação por base menor que 50% na

maior parte dos primeiros 100cm. Possui horizonte A moderado, com textura média argilosa, com argila de baixa atividade, assentado em relevo plano.

- *ARGISSOLOS AMARELOS Distrocoesos abrupticos (PAdx)* – solos com mudança textural abrupta em um ou mais horizontes dentro de 150cm da superfície do solo. Possui horizonte A moderado, com textura média argilosa ou arenosa, com argila de baixa atividade, assentado em relevo plano e suave ondulado.
- *ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos típicos (PAD)* – solos distróficos, ou seja, saturação por bases menor que 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, possui horizonte A moderado, com textura argilosa a média argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo ondulado.

B) Cambissolos

Essa classe compreende solos minerais com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a horizonte A de qualquer tipo, exceto hístico com 40cm ou mais de espessura, ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para o outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente a imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna a bruno-amarelada até vermelho-escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal.

Os Cambissolos, diferentemente da maioria dos Argissolos, não apresentam acréscimo importante de argila no horizonte B, fato que os torna, em igualdade de condições de relevo e uso, menos suscetíveis à erosão (Oliveira, 2008).

Na área de estudo diferenciam-se o CAMBISSOLOS HÁPLICOS.

- *CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (CXbd)* - é o solo dominante na região serrana. Em geral, ocorre associado aos Latossolos Vermelho-Amarelos, do qual se diferencia basicamente pela pouca espessura do horizonte B dos Cambissolos, em relevo montanhoso; ou ainda associados a Solos Litólicos nas áreas de relevo mais acidentado das escarpas serranas. Solos distróficos, ou seja, saturação por base menor que 50% na maior parte

dos primeiros 100cm do horizonte B, horizonte A moderado com textura média argilosa a argilosa, possuindo argila de baixa atividade, bem drenado, assentado em relevo montanhoso.

- *CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos (CXbe)* - em situação completamente diversa, algumas baixadas fluviais, de relevo aplainado, são também ocupadas por Cambissolos. Destaca-se dentre essas baixadas, a do baixo curso do rio Paraíba do Sul. Em sua porção central, nas proximidades da cidade de Campos dos Goytacazes, os sedimentos argilosos depositados pelo rio são mais espessos, propiciando o desenvolvimento dos Cambissolos Eutróficos da região estudada. Esses solos são constituídos por elevadas quantidades de argila e silte. Solos eutróficos, ou seja, saturação por base maior que 50% na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, horizonte A moderado com textura média argilosa a argilosa, possuindo argila de baixa atividade, assentado em relevo plano.

C) Espodossolos

Essa classe compreende solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B espódico, imediatamente abaixo de horizonte E, A, ou horizonte hístico, dentro de 200cm da superfície do solo, ou de 400cm, se a soma dos horizontes A + E ultrapassar 200cm de profundidade.

Estão relacionados aos sedimentos arenosos de origem marinha que constituem os cordões litorâneos dispostos em faixas sub paralelas ao longo da costa, cuja ocorrência na área de estudo acontece numa pequena gleba nas proximidades da Lagoa Feia, da Lagoa do Campelo, no distrito de São Sebastião e na faixa litorânea.

Alguns Espodossolos apresentam mudança textural abrupta. Este atributo pode influir significativamente na disponibilidade hídrica de tais solos, visto que a presença de horizontes de textura bem mais fina, além de reter maior quantidade de água, determina, em geral, menor permeabilidade interna, diminuindo portanto, a quantidade de água que percola em profundidade. Esse fato é ainda mais significativo ao se considerar a pequena capacidade de retenção de água dos horizontes de textura arenosa suprajacente ao horizonte B espódico (Oliveira, 2008).

Na área de estudo encontra-se os **ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS**.

- *ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Hidromórficos (EKg)* – solos com

presença de horizonte espódico Bh. Solos que permanecem saturados com água em um ou mais horizontes, dentro de 100cm da superfície do solo, durante algum tempo na maioria dos anos, possuem horizonte A moderado, com textura arenosa, possuindo argila de baixa atividade, assentada no relevo plano.

D) Gleissolos

Compreende solos minerais com horizontes glei iniciando-se dentro dos primeiros 150cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos, não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plíntico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200cm da superfície do solo.

São solos em geral mal ou muito mal drenados e com lençol freático elevado na maior parte do ano.

Na área de estudo encontra-se os GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS, GLEISSOLOS MELÂNICOS E GLEISSOLOS HÁPLICOS.

- *GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS Hístico (GJi)* – solos com horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100cm a partir da superfície, com horizonte A hístico, textura argilosa, argila de atividade alta, assentado no relevo plano.
- *GLEISSOLOS MELÂNICO Tb Distróficos típicos (GMd)* – solos com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 40cm a partir da superfície do solo. Possui horizonte A húmico ou proeminente, textura argilosa e muito argilosa, argila de baixa atividade, baixa saturação por bases, assentado em relevo plano.
- *GLEISSOLOS MELÂNICOS Tb Eutróficos solódicos (GMe)* - solos com argila de atividade baixa e alta saturação por bases na maior parte dos primeiros 100cm a partir da superfície do solo. Caráter solódico em um ou mais horizontes, dentro de 100cm a partir da superfície do solo. Possui solos com horizonte A húmico, textura argilosa e muito argilosa, argila de baixa atividade, alta saturação por bases, assentado em relevo plano.

- *GLEISSOLOS HÁPLICO Tb Distróficos típicos (GXbd)* – solos com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases na maior parte dos primeiros 100cm a partir da superfície do solo. Possui horizonte A moderado, textura argilosa, argila de baixa atividade, baixa saturação por bases, assentado em relevo plano.
- *GLEISSOLOS HÁPLICO Ta Eutróficos solódicos (GXve)* – solos com argila de atividade baixa e alta saturação por bases na maior parte dos primeiros 100cm a partir da superfície do solo. Caráter solódico em um ou mais horizontes, dentro de 100cm a partir da superfície do solo. Possui horizonte A moderado, textura argilosa ou média, com argila de alta atividade, alta saturação por bases, assentado em relevo plano.

E) Latossolos

Sob essa denominação, estão compreendidos solos minerais, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização; muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. São virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo.

Variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, indicativa de formação em condições, atuais ou pretéritas, com certo grau de gleização.

Normalmente são muito profundos, sendo a espessura do solo raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de subhorizontes, e transições usualmente difusas ou graduais.

Latossolos com textura franco-arenosa ou franca, mas com teor de argila inferior a 20%, são bastante erodináveis, apresentando, em igualdade de condições de declive e de uso, menor resistência a erosão do que os Latossolos de texturas mais finas (Oliveira, 2008).

Na área de estudo encontra-se os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS E LATOSSOLOS AMARELOS.

- LATOSSOLOS AMARELOS - compreende solos com horizonte B de cores brunadas e amareladas, em matiz 7,5YR ou mais amarelo. Em geral, esses solos estão relacionados aos sedimentos terciários do Grupo Barreiras e congêneres; são, portanto, encontrados preferencialmente na faixa litorânea.

Tendem a ocorrer nas partes mais altas e aplainadas dos Tabuleiros.

- *LATOSSOLOS AMARELOS Distrocoesos (LAdx)* – este solo apresenta baixa saturação por base, e caráter coeso, isto é, horizonte subsuperficial adensado, duro a extremamente duro quando seco, por isso é muito resistente a penetração de ferramentas. São solos com horizonte A moderado, textura argilosa, com argila de baixa atividade, baixa saturação por bases, assentado em relevo plano.
- **LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS** - apresentam horizonte Bw, com cores no matiz 4YR ou mais amarelas. Os Latossolos Vermelho-Amarelos, de grande expressão geográfica, esses solos são encontrados numa região entre os Cambissolos da parte serrana e os Argissolos da região ondulada.
 - *LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (LVAd)* - São solos com horizonte A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, com argila de baixa atividade, baixa saturação por bases, assentado em relevo fortemente ondulado, ondulado e suave ondulado.

F) Neossolos

Compreende solos minerais pouco evoluídos, constituídos por um horizonte A assente diretamente sobre a rocha, ou sobre um horizonte C ou B incipiente pouco espesso, sem alteração expressiva em relação ao material originário devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos.

Os Neossolos Flúvicos são solos formados em sedimentos aluviais. Todos eles estão situados em relevo aplainado ou deprimido, portanto, sem problemas relacionados à erosão (Oliveira, 2008).

Na área de estudo encontra-se os **NEOSSOLOS FLÚVICOS**.

- **NEOSSOLOS FLÚVICOS** - desenvolvidos a partir de depósitos aluviais recentes, referidos ao Quaternário. Caracterizam-se por apresentarem estratificação de camadas, sem relação genética entre si. Tem seqüência de horizontes do tipo A-C, eventualmente com evidências de gleização em sub superfície. As áreas de ocorrência mais expressiva desses solos são observadas no baixo curso do rio Paraíba do Sul, em geral associados a Gleissolos.
 - *NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos (RYbd)* – solos com argila de atividade baixa, saturação por bases baixa, horizonte A moderado ou A proeminente, textura média, assentado em relevo plano.

- *NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos gleicos (RYbd)* – solos com lençol freático a pouca profundidade, com argila de atividade baixa, saturação por bases baixa, horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, textura média, assentado em relevo plano.
- *NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos gleicos (RYbe)* – solos com argila de atividade baixa, saturação por bases alta, horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, textura média, assentado em relevo plano.
- *NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos solódicos (RYbe)* – solos com argila de atividade baixa, saturação por bases alta, com caráter solódico em um ou mais horizontes dentro de 150cm da superfície do solo, textura média, assentado em relevo plano.

G) Organossolos

Compreendem solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos de vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso.

Engloba solos com horizontes de constituição orgânica (H ou O), com grande proporção de resíduos vegetais em grau variado de decomposição, que podem se sobrepor ou estarem entremeados por horizontes ou camadas minerais de espessuras variáveis.

No Brasil, a maioria desses solos ocorre em ambientes mal drenados de planícies aluviais estando situados em relevo aplainado ou deprimido, portanto, sem problemas relacionados à erosão (Oliveira, 2008).

Na área de estudo encontra-se os ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS E ORGANOSSOLOS HÁPLICOS.

- *ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS Hêmicos (OJy)* – solos que apresentam horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos dentro de 100cm da superfície do solo, apresentam material orgânico em estágio de decomposição parcialmente alterado por ação física e bioquímica.
- *ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Hêmicos salinos (OXy)* – solos com caráter salino em um ou mais horizontes, dentro de 100cm da superfície do solo.

H) Planossolos

Compreende os solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com evidências de processos de redução, com ou sem segregação de ferro, que se manifesta nos atributos de cor, expressão de desargilização intensa evidenciada pela nítida diferenciação entre o horizonte diagnóstico B plânico e os horizontes precedentes A ou E.

Apresentam mudança textural abrupta o que os torna imperfeitamente drenados e susceptíveis a erosão.

Na área de estudo encontra-se os *PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS*.

- *PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS Eutróficos (SGe)* - Solos que permanecem saturados com água em um ou mais horizontes, dentro de 100cm da superfície do solo, de existência periódica e presença variável durante o ano, possuem horizonte A moderado, com textura média, com argila de baixa atividade, assentada no relevo plano.

5.2.2 Geologia

A história geológica de Campos pode ser dividida, resumidamente, em duas partes: Formação das Rochas do Embasamento Cristalino (Pré-Cambriano) e a Formação da Bacia Sedimentar (Fanerozóico).

Apesar dos extensos estudos realizados no Estado do Rio de Janeiro pode-se constatar que os mapas geológicos do Município são predominantemente regionais, basicamente os trabalhos realizados na área são: Ferrari et al. (1981) do Projeto Carta Geológica do DRM-RJ (Bloco Campos), escala de 1:50.000 e Fonseca et al. (1998) do Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro do DNPM, escala 1:400.000. Em 1995, o DRM apresentou uma Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro, com um mapa geológico na escala de 1:400.000. A partir destes mapas compilaram-se as informações referentes ao Município de Campos e gerou-se o mapa geológico apresentado na Figura 03.

Serão descritas a seguir as unidades geológicas, Pré-Cambrianas e Fanerozóicas, do Município de Campos dos Goytacazes, baseando-se em Ferrari et al. (1981) do Projeto Carta Geológica do DRM-RJ (Bloco Campos), Fonseca et al. (1998) do Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro do DNPM.

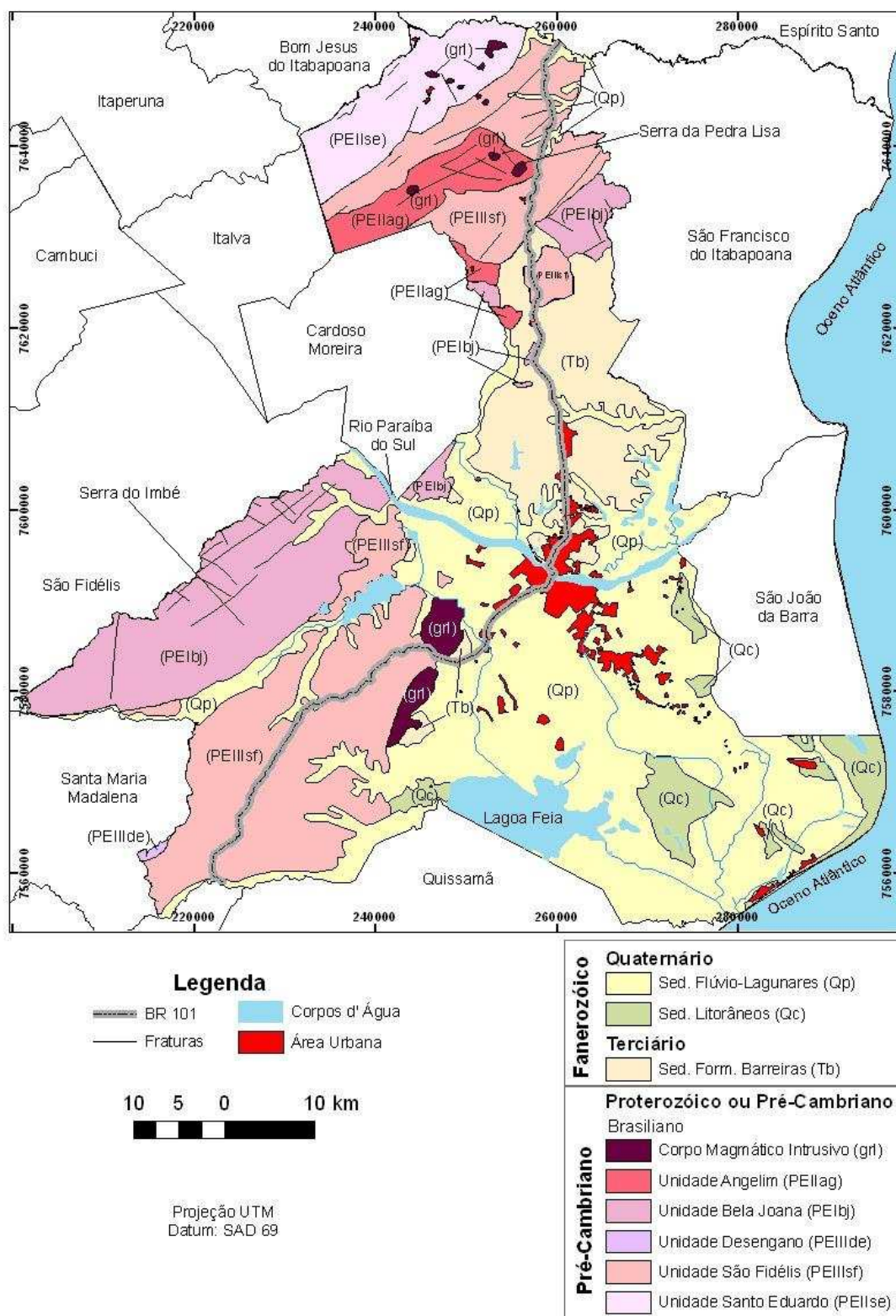


Figura 03: Mapa Geológico do Município de Campos dos Goytacazes (Costa, 2005).

5.2.2.1 PRÉ-CAMBRIANO

Unidade São Fidélis (P_εllsf):

Esta unidade petrográfica se encontra presente ao norte e a sudoeste do rio Paraíba do Sul, no Município de Campos. As rochas gnáissicas e os migmatitos dessa unidade tem a maior distribuição e extensão entre todas as outras unidades pré-cambrianas de Campos, abrangendo localidades como: Serra do Baú, Panorama e Câmara.

Os migmatitos desta unidade são constituídos predominantemente de kfeldspatos, granada, sillimanita, biotita, quartzo e plagioclásio-andesina gnaisses, de foliação marcante e granulometria de média a grosseira, textura granoblástica à porfiroblástica. Apresentam contatos transicionais para as rochas das unidades Angelim e Santo Eduardo e muitas vezes contatos bruscos, por falhamentos, com a unidade Angelim. Aparecem de forma ilhada nos sedimentos da Formação Barreiras.

Os principais minerais encontrados são: plagioclásio, oligoclásio a andesina, k-feldspatos, quartzo, biotita, sillimanita.

Unidade Bela Joana (P_εl bj):

Assim como a unidade de São Fidélis, esta unidade também se encontra presente ao norte e ao sudoeste do rio Paraíba do Sul em Campos, mais especificamente na área do rio Bela Joana. Suas rochas são charnockitos que perlongam a parte nordeste do estado do Rio de Janeiro.

São rochas grosseiras, de tonalidades cinza-esverdeado-escuro a marromacaramelado, de estrutura maciça a gnáissica, a depender do grau de tectonização e de textura homófona, hipidiomórfica a alitriomórfica granular. Sua formação é relacionada aos processos de fusão parcial de materiais derivados da crosta continental, durante o ciclo Brasileiro.

Os minerais mais importantes são: plagioclásio, andesina e esporadicamente labradorita, k-feldspato pouco geminado, biotita, apatita, zircão, quartzo e hornblenda.

Apresentam contatos com as rochas das unidades Angelim e São Fidélis e com os sedimentos Terciários da Formação Barreiras.

Unidade de Santo Eduardo (P_{ellse}):

Ocorre apenas na região norte do Município de Campos e é constituída em sua maioria por migmatitos. A textura, de um modo geral, varia normalmente de granoblástica a porfiroblástica, e a granulação situa-se no parâmetro médio.

Os minerais mais importantes são: plagioclásio, oligoclásio a andesina, quartzo, biotita, k-feldspato, microclina, apatita, allanita, hornblenda e zircão.

As rochas desta unidade fazem contatos transicionais com as rochas da unidade São Fidélis.

Unidade Angelim (P_{ellag}):

Assim como a unidade de Santo Eduardo, esta unidade também se encontra presente somente ao norte do Município de Campos e é formada por gnaisses.

Apresenta-se, de modo geral, em contato definido, ao longo de falhamentos, com as unidades São Fidélis e Bela Joana. Apresenta também, contato bem nítido com os sedimentos Terciários da Formação Barreiras, ao sul da Folha Morro do Coco. Isto se deve às boas exposições da Unidade pré-cambriana nesta localidade.

De modo geral, são rochas de caráter homogêneo, com granulação média a grosseira e coloração variando de cinza-clara a cinza-escura. Quase sempre são rochas porfiroblásticas com os porfiroblastos de feldspatos, de cor branco-leitosa, alinhados segundo uma sutil orientação, fazendo desenvolver uma incipiente foliação nessas rochas.

Petrograficamente são compostas pelos seguintes minerais: plagioclásio, kfeldspato, quartzo, biotita e hornblenda. A granada está presente em algumas lâminas, mas com percentual sempre abaixo de 1%. Os minerais acessórios são: zircão, apatita, allanita e muscovita.

Unidade Desengano (P_{ellde}):

Esta unidade se encontra presente, restritamente, em um pequeno trecho localizado no limite do Município de Campos com o Município de Santa Maria Madalena. De acordo com o DNPM, esta unidade está inserida na unidade São Fidélis.

É constituída por gnaisses de granulação média a fina e textura granoblástica.

Os principais minerais são: quartzo, microlina, ortoclásio, biotita e plagioclásio.

Corpo Magmático Intrusivo (grl): Granitos do Itaóca e de Morro do Coco

O corpo granítico que constitui a Serra do Itaóca é composto por rochas graníticas, dominando o tipo porfiróide, com orientação incipiente de megacristais tabulares de feldspato cinzento. Também ocorre em Morro do Coco, sendo um pequeno corpo circular.

5.2.2.2 FANEROZÓICO

Sedimentos Terciários (Tb):

Os sedimentos Terciários ocorrem alongados segundo uma faixa diagonal que atravessa a área de estudo na direção NE-SW, interpondo-se, a grosso modo, entre o domínio das rochas pré-cambrianas e os sedimentos Quaternários. Suas melhores exposições e maiores extensões encontram-se desde a margem norte do rio Paraíba do Sul, próximo à cidade de Campos, até às proximidades do limite com o Estado do Espírito Santo.

Esta unidade é constituída por sedimentos continentais e representada por níveis descontínuos e alternados de material friável e mal selecionado, desde arenoso, areno-argiloso a argiloso, constituído principalmente de grãos de quartzo subangular abundante, grãos de feldspato caulinizado, aparecendo também níveis conglomeráticos com seixos arredondados de canal fluvial e horizontes de concreções lateríticas. Observam-se também bolsões de argila caulinítica e colorações variadas (roxa, amarela, branca e vermelha) nos níveis argilosos espessos.

Sedimentos Litorâneos (Qc):

Os cordões litorâneos são corpos sedimentares individualmente estreitos e alongados, alturas individuais entre 01 a 03 metros, paralelos entre si, separados por vales e apresentando como estrutura uma estratificação plano-paralela.

Os sedimentos que pertencem a esta unidade ocorrem nas regiões leste e sul do município, tendo como limites: o Oceano Atlântico, os sedimentos Terciários da Formação Barreiras e os sedimentos Quaternários da planície de inundação. Esta unidade apresenta seus contatos laterais bem definidos com as demais unidades quaternárias e os sedimentos da Formação Barreiras.

Estes sedimentos são constituídos de areias quartzosas litorâneas, de

coloração esbranquiçada, por vezes amarelada e acastanhada. Apresentam uma seleção razoável, a granulometria varia de fina a muito grossa, chegando as vezes a ser conglomerática e os seus grãos, em relação ao grau de arredondamento, variam de subarredondados a arredondados. Podem também associarem-se a grãos de feldspato, mica e minerais pesados.

Sedimentos Fluviais (Qp):

Os sedimentos fluviais que compõem esta unidade ocupam a planície costeira de Campos, também denominada Baixada Campista, com cota máxima da ordem de 13m e acompanham principalmente os baixos cursos dos rios Paraíba do Sul, Ururaí, Muriaé e Macabu.

A seqüência sedimentar desta unidade é composta por argilas, argilassílticas e siltes, de planície de inundação, geralmente micáceos, boa compactação e apresentam tonalidades que vão desde castanho-amarelo até cinza-escuro, sendo que as últimas, possivelmente são cores originais de sedimentação e as primeiras são cores secundárias de oxi-redução, proporcionadas pela migração e/ou oxidação do Fe. Essa seqüência engloba também as areias quartzosas, de coloração branco-amarelada, granulometria variando de fina à grosseira, por vezes conglomeráticas, geralmente mal selecionadas, grãos subangulares a subarredondados, podendo conter grãos de feldspato, mica e minerais máficos, constituindo os depósitos de canais fluviais, bem como as areias e conglomerados quartzosos com matriz argilosa, podendo apresentar diversas colorações (em função da cor da argila), de depósitos aluvionares.

5.2.3 Geomorfologia

De acordo com CPRM (2001), a notável diversificação do cenário geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro deve ser compreendida através de uma singular interação entre aspectos tectônicos e climáticos, que delinearão sua atual morfologia (Figura 04).

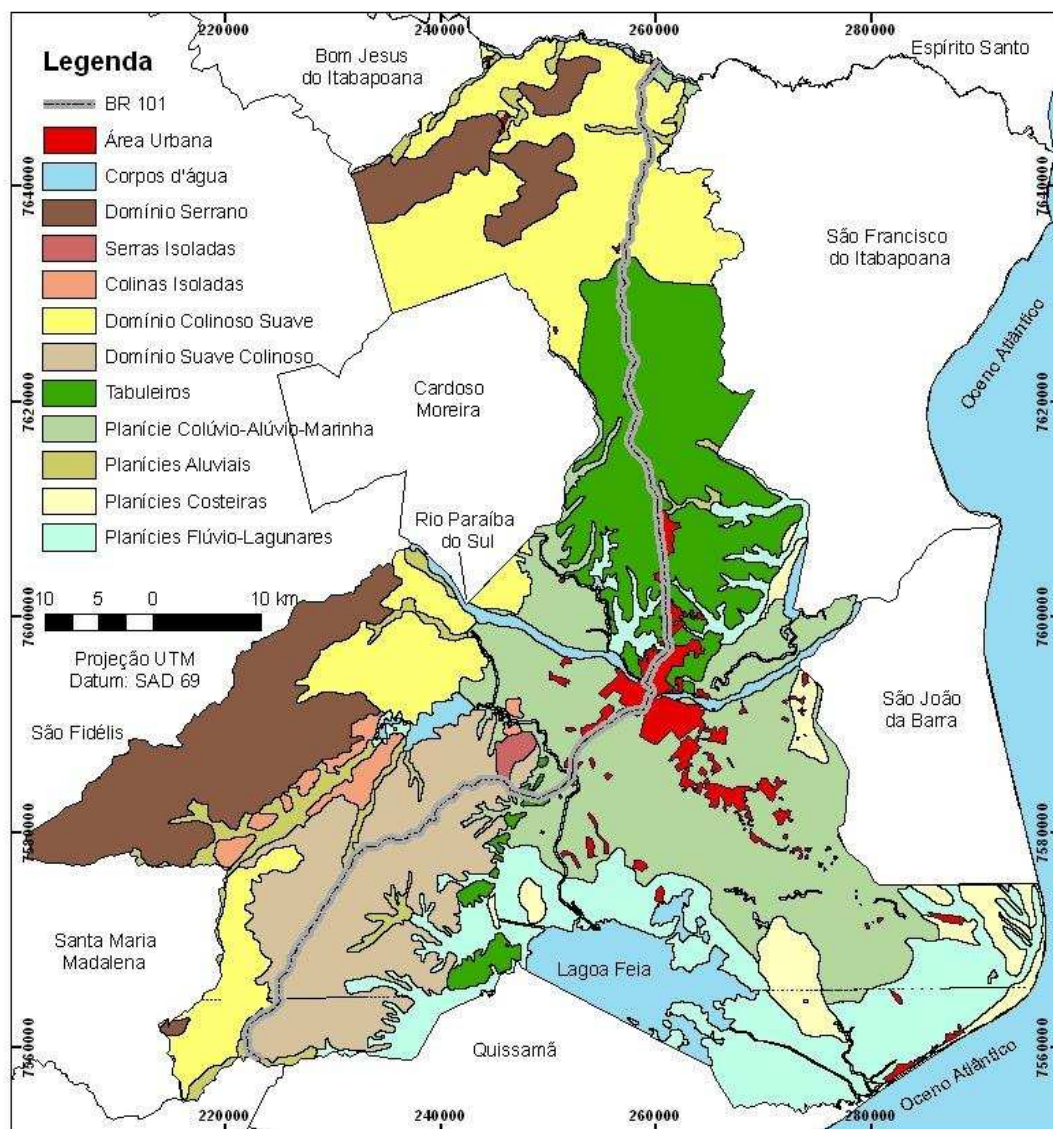


Figura 04: Mapa Geomorfológico do Município de Campos dos Goytacazes (Costa, 2005).

A seguir serão descritas as unidades geomorfológicas da área de estudo de acordo com CPRM, 2001.

- *Domínio Serrano* (Alinhamentos Serranos e Degraus Estruturais, Maciços Costeiros e Interiores, Escarpas Serranas e Domínio Montanhoso).

Relevo montanhoso, extremamente acidentado, localizado, em geral, no reverso da escarpa da Serra do Mar. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçadas ou levemente arredondados. Ocorrência de compartimentos colinosos e/ou de morros, em seções alveolares nos vales principais. Ocorrência pontual de relevo suave ondulado, com elevações locais, localizado nos planaltos elevados da Serra do Mar e da Mantiqueira. Densidade de drenagem alta, com padrão de drenagem variável, de paralelo a dentrítico ou treliça a retangular. Predomínio de amplitudes topográficas superiores a 400 m e gradientes muito elevados, com ocorrência de colúvio e depósito de tálus, solos rasos e afloramento de rocha.

Algumas serras formam o domínio serrano da região, dentre elas se destacam a Serra do Imbé (Figura 05) e a Serra da Pedra Lisa (Figura 06).

A escarpa da Serra do Imbé caracteriza-se como um relevo de transição entre a zona montanhosa, colinas isoladas e morros da planície fluvial do rio Imbé e do domínio colinoso e a escarpa da Serra do Desengano. O alto curso do rio Imbé percorre um vale estreito e alongado até descer vertiginosamente o escarpamento serrano, quando passa a percorrer paralelamente ao sopé da escarpa até desaguar na Lagoa de Cima.

Esta escarpa é também caracterizada como prosseguimento da escarpa da Serra de Macabu. A partir da bacia do rio Preto, a escarpa da Serra do Imbé perde progressivamente o seu aspecto de muralha montanhosa, com altitudes decrescentes em direção a nordeste.

A região tem um grande potencial turístico pouco explorado. A área é caracterizada por atividades rurais de pouca expressão ou por extensas áreas de remanescentes de Mata Atlântica. Destaca-se, nesse contexto, o Parque Nacional da Serra do Desengano.

Prolongamentos da Serra do Mar, sob a forma de domínio serrano ocorrem também além do rio Paraíba do Sul, seguindo a mesma direção estrutural da Serra do Imbé.

Este trecho apresenta um alto potencial de vulnerabilidade a eventos de erosão e movimentos de massa, sendo estes, por diversas vezes, desencadeados pela degradação da cobertura vegetal decorrente do desmatamento, como verificado em quase todo o maciço. A Serra da Pedra Lisa, por sua vez, apresenta solos muito rasos e extensas superfícies de afloramentos rochosos, que podem tornar este terreno suscetível a processos de queda de blocos.



Figura 05: Domínio Serrano. Relevo movimentado no sopé da escarpa da serra do Imbé (Fonte: Ofigeo, 2008).



Figura 06: Serra da Pedra Lisa. Morfologia de vertentes escarpadas e rochosas, que se destaca topograficamente da superfície do domínio colinoso circundante da área (Fonte: Ofigeo, 2008).

A Serra da Pedra Lisa consiste em um conjunto de alinhamentos serranos em meio ao domínio colinoso. Apresenta uma morfologia singular de vertentes íngremes e rochosas de notável convexidade, e topos arredondados, que denotam um antigo processo de esculturação de um bloco granítico residual. Estende-se da vila de

Morro do Coco à vila de Santa Maria, caracterizando-se por um conjunto de cristas alinhadas de direções variadas.

- *Serras Isoladas*

Relevo montanhoso, extremamente acidentado, localizado em meio ao domínio das baixadas e planícies, ou em meio ao domínio colinoso. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, por vezes escarpadas, aguçadas ou em cristas alinhadas. Densidade de drenagem baixa, com padrão de drenagem variável, dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas superiores a 200m e gradientes muito elevados, com ocorrência de colúvio e depósito de tálus, solos rasos e afloramento de rocha (Figura 07).

Este maciço é resistente à erosão diferencial, atinge 414m de altitude, sendo circundado por colinas suaves da superfície de aplainamento do litoral leste fluminense e junto à Baixada Campista. As vertentes estão protegidas por densa cobertura florestal, principalmente nas áreas mais elevadas com relevo mais imponente.

- *Colinas Isoladas*

Formas de relevo residuais, com vertentes convexas e topo arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios, remanescentes do afogamento generalizado do relevo produzido pela sedimentação flúvio-marinha que caracteriza as baixadas litorâneas. Densidade de drenagem muito baixa com padrão de drenagem dendrítico e drenagem imperfeita nos fundos de vales afogados.

Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 100m e gradientes suaves (Figura 08).

- *Domínio Colinoso Suave*

Relevos de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topo arredondados e/ou alongados e de morrotes e morros dissecados, com vertentes retilíneas e côncavas e topos aguçados ou alinhados, com sedimentação de colúvios e alúvios. Densidade de drenagem média a alta com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas entre 100 e 200m e gradientes suaves a médios.



Figura 07: Maciço de Itaóca (Fonte: Ofigeo, 2008).



Figura 08: Colinas Isoladas, próximo a Serra do Imbé (Fonte: Ofigeo, 2008).

- *Domínio Suave Colinoso*

Relevo de colinas muito pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com expressiva sedimentação de colúvios e alúvios.

Ocorrência subordinada de morrotes alinhados. Densidade de drenagem baixa a média com padrão de drenagem variável, de dentrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves (Figura 09).

Caracteriza-se (dentro da área de estudo) por uma depressão marginal entre a escarpa do Imbé e a Baixada Campista. Delimita-se com as extensas baixadas fluviais e fluviolagunares do rio Imbé, com esparsa ocorrência de colinas isoladas.

Este domínio colinoso é também cortado pelo rio Preto, que deságua no rio Ururaí, o qual interliga as lagoas de Cima e Feia. Esse relevo suave é esparsamente pontilhado por morrotes e morros baixos. No contato entre as colinas e a Baixada Campista, registram-se alguns remanescentes de tabuleiros do Grupo Barreiras.

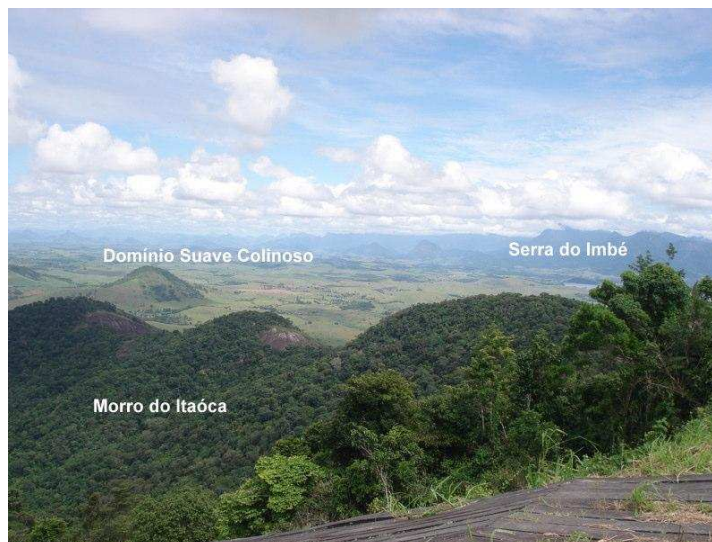


Figura 09: Paisagem do Domínio Colinoso Suave, Serra do Imbé e Morro do Itaóca (Fonte: Ofigeo, 2007).

- *Tabuleiros*

Formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves ou colinas tabulares, com topo planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”, resultantes da dissecação fluvial recente (Figura 10).



Figura 10: Morfologia de tabuleiro de Formação Barreiras (Fonte: Ofigeo, 2007).

A densidade de drenagem é muito baixa com padrão de drenagem paralelo. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves, com sedimentação de colúvios e alúvios.

Os tabuleiros possuem amplitudes de relevo muito baixas e cotas que variam entre 15 e 80m, sendo crescentes a partir da linha de costa e da calha do rio Paraíba do Sul em direção ao interior. Extensas superfícies tabulares, muito pouco dissecadas, são observadas no entorno da localidade de Travessão.

- *Planícies Colúvio-Alúvio-Marinha* (Terrenos Argilo-Arenosos das Baixadas).

Superfícies subhorizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes à linha de costa, de interface com os Sistemas Deposicionais Continentais (processos fluviais e de encosta) e Marinhos. Terrenos mal drenados com padrão de canais meandrante e divagante. Presença de superfícies de aplainamento e pequenas colinas ajustadas ao nível de base das Baixadas.

Esta planície abrange uma expressiva área do município (Figura 11). É resultante de uma seqüência de eventos transgressivos e regressivos. Essas variações do nível do mar marcaram períodos cíclicos de erosão e sedimentação dos depósitos continentais e marinhos, que modelaram a atual morfologia da região.

- *Planícies Flúvio-Lagunares* (Terrenos Argilosos Orgânicos de Paleolagunas Colmatadas).

Superfícies planas, de interface com os Sistemas Deposicionais Continentais e Lagunares. Terrenos muito mal drenados com lençol freático subaflorante.

Esta planície caracteriza-se por extensos terrenos alagados (Figura 12), que consistem em sedimentos de origem lagunar resultantes do ressecamento moderno da Lagoa Feia.

As obras de saneamento, efetivadas com a abertura do Canal das Flechas, promoveram a drenagem da baixada e o rebaixamento do lençol freático subaflorante. Dessa forma, viabilizou-se a utilização agrícola de extensas áreas inaproveitadas, principalmente atrelada ao cultivo da cana-de-açúcar, hoje em franca decadência. Problemas de ocupação inadequada do solo também ocorrem na região, como visto na periferia de Farol de São Tomé, onde estão sendo edificadas construções sobre terrenos argilosos orgânicos das planícies lagunares.



Figura 11: Planície Colúvio-Alúvio-Marinha vista da cidade de Campos em direção ao litoral (Fonte: Ofigeo, 2007).



Figura 12: Aspecto da extensa planície flúvio-lagunar, apresentando freqüentes áreas inundáveis ocupadas por pastagens (Fonte: Ofigeo, 2008).

- *Planícies Aluviais* (Planícies de Inundação, Terraços Fluviais e Leques Alúvio-Coluviais).

Superfícies subhorizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos canais-tronco.

Compreende os extensos fundos de vales dos rios Imbé e Urubu, preenchidos de sedimentos de origem fluvial e flúvio-lagunar, que desembocam na Lagoa de Cima, e corre paralelamente à escarpa da Serra do Imbé. Os sedimentos flúvio-lagunares encontram-se apenas no rebordo da Lagoa de Cima. A configuração atual da baixada foi originada a partir da formação da Lagoa de Cima, que consiste

numa lagoa confinada entre colinas e tamponada pela sedimentação aluvial da Baixada Campista após o máximo transgressivo holocênico.

A bacia de drenagem do rio Imbé drena uma expressiva área, que compreende o domínio suave colinoso e o domínio serrano, sendo o coletor principal dos rios do Norte, Mocotó e Preto, que drenam esse escarpamento.

- *Planícies Costeiras* (Terrenos Arenosos de Terraços Marinhos, Cordões Arenosos e Campos de Dunas).

Superfícies subhorizontais, com microrrelevo ondulado de amplitudes topográficas inferiores a 20m, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados com padrão de drenagem paralelo, acompanhando as depressões intercordões.

A planície costeira, dentro da área de estudo, estende-se entre a localidade de Farol de São Tomé e o limite do município de Campos, sendo que junto a Farol de São Tomé, consiste em um único cordão litorâneo, que isola do oceano uma extensa planície flúvio-lagunar alagada.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Descrição do material

Para a realização do trabalho foram utilizados os materiais cartográficos digitais e softwares, detalhados a seguir.

6.1.1. Materiais cartográficos digitais

- Mapa pedológico na escala de 1:250.000 (Fonte: Embrapa Solos, 2003);
- Mapa de Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (Lumbreras et.al, 2003).

6.1.2. Softwares

- Software GIS Idrisi32, Version 132.2, maio de 2001, ©The Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis – utilizado na geração, manipulação e análises espaciais das imagens em formato raster;
- Software GIS ArcView 3.2a, ©Environmental Systems Research Institute, Inc. – utilizado no layout final para impressão das imagens raster.

6.2. Descrição da metodologia

A metodologia empregada utilizou a análise multicritério, para calcular as classes de erodibilidade dos solos na seguinte sequência:

- Obtenção e tratamento cartográfico do mapa pedológico e do mapa de domínios bioclimáticos;
- Escolha e análise dos indicadores da erodibilidade;
- Indicadores e as respectivas classes;
- Hierarquização e atribuição de pesos aos indicadores.

6.2.1. Obtenção e tratamento cartográfico do mapa pedológico e de domínios bioclimáticos

O tratamento cartográfico constou da mudança do sistema de coordenada a qual se encontrava o mapa pedológico, para o sistema UTM, mais conveniente para a realização do trabalho.

Posteriormente foi feito um corte do limite do município de Campos no mapa de Pedológico e de Domínios Bioclimáticos.

6.2.2. Escolha e análise dos indicadores da erodibilidade

Os indicadores pertinentes à erodibilidade, usados neste trabalho, foram selecionados através de reuniões com especialistas e consulta à literatura, tais como à intensidade de precipitação, estabilidade dos agregados, velocidade de infiltração (altura e natureza da camada de impedimento, relação macro-microporosidade e retenção de umidade do solo) e declividade com suas respectivas classes que são avaliadas numa escala de 01 a 04, uniformizando os dados, para que possam ser trabalhados em conjunto na geração de um mapa final conforme proposto.

6.2.3. Indicadores e as respectivas classes

A nota de valor 04 representa o valor ótimo, enquanto que a nota de valor 01 equivale a pior nota, ou seja, classe com maior erodibilidade.

a) *Intensidade de precipitação média anual (Tabela 03).*

Tabela 03: Intensidade de precipitação média anual

Intensidade de Precipitação média anual (mm)	Notas	Classes
>1.250	1	Alta
1.100 – 1.250	2	Média
900 – 1100	3	Baixa
800 – 900	4	Muito baixa

Durante uma chuva muito forte, milhões de gotas de chuva golpeiam cada hectare de terreno, desprendendo as partículas da massa de solo. Muitas dessas partículas podem ser atiradas a mais de 60cm de altura e a mais de 1,5m de distância. Se o terreno esta desnudo de vegetação, as gotas desprendem centenas de toneladas de partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água.

A intensidade de precipitação para o município de Campos foi extraído do mapa de Domínios Bioclimáticos do Estado do Rio de Janeiro (Lumbreras et al., 2003). Foram utilizados dados de 20 estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia e 62 estações pluviométricas da Agencia Nacional de Águas, onde consistiram de séries anuais de precipitação referentes ao período de 1973 a 2000 para o estado do Rio de Janeiro.

b) *Estabilidade dos agregados superficiais* – valores aferidos pelo grau, classe e tipo da estrutura (Tabela 04).

Tabela 04: Estabilidade dos agregados superficiais

Estabilidade dos agregados superficiais	Nota	Classes
Fraco, pequena granular ou sem estrutura	1	Alta
Fraco, média granular	2	Média
Moderada, pequena e média granular e fraco para as demais classes e tipos de estruturas	3	Baixa
Forte, pequena e média granular; moderada forte para as demais classes e tipos de estruturas	4	Muito baixa

A análise da estabilidade dos agregados foi realizada de forma conjunta com o grau de desenvolvimento, tamanho e tipo das estruturas, pois estas demonstram a capacidade do solo, quando exposto, fornecer material disperso para posterior transporte. A estrutura refere-se ao padrão de arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) em unidades estruturais compostas chamadas agregados, separados entre si pelas superfícies de fraqueza, ou apenas superpostas e sem conformação definida. A facilidade com que se separa uma unidade estrutural da outra é identificada como o grau de desenvolvimento da estrutura. Os graus de estrutura podem ser: sem unidades estruturais (grão simples - não coerente; maciça- coerente) ou com unidades estruturais (fraca, moderada, forte). A forma da unidade (grãos, cubos, prismas, placas ou lamina) dá o seu tipo. A classe em que se separam caracteriza o tamanho da estrutura (muito pequena, pequena, média, grande, muito grande).

c) *Altura e natureza da camada de impedimento* – valores aferido pela altura e natureza da camada de impedimento dentro de 150cm de profundidade (Tabela 05).

Tabela 05: Altura e natureza da camada de impedimento

Altura e natureza da camada de impedimento	Nota	Classes
Substrato rochoso de textura fina pouco permeável e de relevo “abaciado” de drenagem impedida.	1	Alta
Horizontes cimentados e/ou substrato rochoso semipermeável, ou rochosidade.	2	Média
Mudança textural abrupta e/ou Horizontes plânicos	3	Baixa
Ausência de camada de impedimento	4	Muito baixa

A camada de impedimento interfere no volume de água que pode ser absorvida pelo solo, pois quanto mais rasa for à camada de impedimento, menor será o volume de solo disponível a absorção de água, assim, o solo satura-se rapidamente ocasionando deslizamento superficial da camada de solo. Portanto uma maior nota (4) foi atribuída a camada muito profunda.

d) *Relação macro-microporosidade* – valores inferidos pelo tipo e classe da estrutura dominante nos 60cm superficiais (Tabela 06).

Tabela 06: Relação macro-microporosidade

Relação macro-microporosidade	Nota	Classes
Colunar dispersa e horizontes de impedimento	1	Alta
Blocos grandes, prismática e rochosidade, composta ou coeso e plânico e coeso e abrupto.	2	Média
Blocos pequenos e médios e / ou granular grande.	3	Baixa
Granular pequena e média e / ou ultrafina granular.	4	Muito baixa

Quanto a relação macro/microporos, e conseqüentemente a porosidade total, levou-se em consideração o poder de infiltração da água no solo através do tipo e

classe da estrutura dominante nos 60cm superficiais. À medida que aumenta a porosidade total do solo e a relação entre macro e microporos, maior será a infiltração e movimentação de água, reduzindo o escoamento superficial e a movimentação de partículas do solo.

e) *Retenção da umidade do solo* – valores inferidos pelo teor (g.Kg^{-1}) e qualidade da argila (Tabela 07).

Tabela 07: Retenção da umidade do solo

Retenção da umidade do solo	Nota	Classes
> 400 e Ta	1	Alta
> 400 e Tb e 150 – 400 e Ta	2	Média
150 – 400 e Tb	3	Baixa
< 150	4	Muito baixa

Solos que apresentam alto teor de argila associados à alta atividade da argila foram atribuído a menor nota, pois estes solos saturam rapidamente, acumulando água na superfície, interferindo na velocidade de infiltração de água no solo, fundamental para iniciar o processo erosivo.

f) *Declividade (Tabela 08):*

Tabela 08: Declividade

Declividade	Nota	Classes
Forte ondulado, montanhoso e escarpado (> 20%)	1	Alto
Ondulado (8 – 20%)	2	Médio
Suave ondulado (3 – 8%)	3	Baixo
Plano (< 3%)	4	Muito baixo

Em relação às formas de relevo, quanto maior a declividade menor foi a nota atribuída, pois favorece o escoamento superficial das águas

Os valores de declive usados foram de acordo com os critérios para distinção

de fases de unidade de mapeamento conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

6.2.4. Hierarquização e atribuição de pesos aos indicadores

A hierarquização e atribuição de pesos para os indicadores relacionados com a erodibilidade foram elaboradas a partir de reuniões com especialistas e consulta à literatura. Foi feita uma interpretação da importância relativa de cada fator dentro do sistema, seguida dos pesos parciais. Atribuiu-se o maior grau hierárquico ao fator mais importante. Os pesos podem variar de extremamente mais importante (9) à extremamente menos importante (1/9), onde 1 corresponde a igualdade de importância (Tabela 09).

Tabela 09: Pesos e Importância

Pesos		Importância
1/9	Extremamente	Menos Importante
1/7	Fortemente	
1/5	Moderadamente	
1/3	Fracamente	
1	Igualmente	Importante
3	Fracamente	Mais Importante
5	Moderadamente	
7	Fortemente	
9	Extremamente	

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando uma avaliação da erodibilidade, utilizamos a análise multicritério para combinar diversas informações importantes, existentes no mapeamento de solos tropicais realizado pela embrapa.

Inicialmente foi criado um quadro de análise da erodibilidade e, a partir deste, foram produzidos planos de informação que ao serem cruzados gerou o mapa erodibilidade em solo exposto.

7.1 Quadro de análise da erodibilidade

Formou-se cinco níveis onde o nível 5 refere-se as classes dos indicadores, o 4 refere-se aos indicadores, o 3 microfatores, o 2 fatores e o nível 1 resultado final.

O quadro 01 apresenta os pesos atribuídos aos diferentes níveis de interpretação para obtenção da erodibilidade do Município de Campos dos Goytacazes.

Quadro 01: Quadro de análise da erodibilidade

Nível 1	Nível 2 - Fatores	Nível 3 – Microfatores	Nível 4 - Indicadores	Nível 5 – Classes para microfatores e indicadores	
ERODIBILIDADE	EFEITO GOTA	INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL		>1.250mm 1.100 - 1.250mm 900 - 1.100mm 800 - 900mm	
		ESTABILIDADE DOS AGREGADOS SUPERFICIAIS		Fraco, pequena granular ou sem estrutura Fraco, média granular Moderada, pequena e média granular e fraco para as demais classes e tipos de estruturas Forte, pequena e média granular; moderada forte para as demais classes e tipos de estruturas	
		DECLIVIDADE		Fortemente ondulado (> 20%) Ondulado (8 – 20 %) Suave ondulado (3 – 8 %) Plano (declividade < 3%)	
	ESCORRIMENTO SUPERFICIAL	VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO	ALTURA DA CAMADA DE IMPEDIMENTO		Substrato rochoso de textura fina pouco permeável e de relevo “abaciado” de drenagem impedida Horizontes cimentados e/ou substrato rochoso semipermeável, ou rochosidade Mudança textural abrupta e/ou Horizontes plânicos Ausência de camada de impedimento
			RELAÇÃO MACRO-MICROPOROSIDADE		Colunar dispersa e horizontes de impedimento Blocos grandes, prismática e rochosidade, composta ou coeso e plânico e coeso e abrupto Blocos pequenos e médios e/ou granular grande Granular pequena e média e/ou ultrafina granular
		RETENÇÃO DA UMIDADE DO SOLO (g.Kg-1 de argila e qualidade da argila)		>400 e Ta >400 e Tb e 150-400 e Ta 150-400 e Tb <150	

Como pode ser observado no quadro foram adotados para análise da erodibilidade os fatores efeito gota e escoamento superficial a seguir descritos:

O efeito gota é avaliado de acordo com a intensidade de precipitação da região em estudo e a estabilidade dos agregados superficiais dos solos existentes.

O efeito gota no solo exerce sua ação erosiva pelo impacto das gotas, que caem com velocidade e energia variáveis, dependendo do seu diâmetro.

A gota de chuva quando cai em um terreno coberto com densa vegetação, se divide em inúmeras gotículas, diminuindo também, sua força de impacto. Em terreno descoberto, ela faz desprender e salpicar as partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água.

A menor resistência das estruturas localizadas no horizonte superior do solo facilita a fragmentação dos agregados, por ação das chuvas, levando a formação de partículas simples que são passíveis de transporte. À medida que a estrutura aumenta de tamanho, eleva-se a capacidade da mesma resistir a pressão imposta pelo impacto de gotas.

Para controlar a erosão, é preciso deter não só o escoamento da enxurrada que transporta as partículas de solo como também, e, principalmente, o efeito da dispersão dos agregados do solo, eliminando o desprendimento das partículas causado pelas gotas de chuva.

O escoamento superficial está ligado à declividade da região e a velocidade de infiltração da água para cada solo existente.

Durante uma chuva, a velocidade máxima de infiltração ocorre no começo, e usualmente decresce muito rapidamente, de acordo com alterações na estrutura da superfície do solo. Se a chuva continua, a velocidade de infiltração gradualmente aproxima de um valor mínimo, determinado pela velocidade com que a água pode entrar na camada superficial e pela velocidade com que ela pode penetrar através do perfil do solo.

O tamanho e a disposição dos espaços porosos tem a maior influência na velocidade de infiltração de um solo. Em solos arenosos, com grandes espaços porosos, pode-se esperar mais alta velocidade de infiltração que nos argilosos, que tem relativamente menores espaços porosos. A velocidade de infiltração é também afetada pela variação na textura do perfil: se um solo arenoso tem logo abaixo uma camada de material pouco permeável de argila, pode-se esperar alta velocidade de infiltração até que a camada arenosa fique saturada, e, desse momento em diante,

infiltração menor, em virtude da camada argilosa. Se a camada na superfície for argilosa, a velocidade de infiltração no começo da chuva será menor, bem como a sua variação durante a chuva.

A inclinação dificulta ou acelera o processo erosivo do solo. Assim a velocidade de escoamento lateral depende da disponibilidade de água, o que por sua vez depende da velocidade de infiltração de água no perfil e do relevo local.

O escoamento da água na superfície é maior agente de transporte das partículas de solo. A quantidade de força gerada pela enxurrada é relacionada com a concentração e velocidade com que ela se move morro abaixo. A água que escorre ganha energia pelo aumento de massa no seu movimento morro abaixo ou pelo aumento de velocidade que adquire por uma rápida mudança na declividade do terreno.

A erosão, dificilmente vai ocorrer, quando o solo apresentar uma baixa velocidade de infiltração, uma camada de impedimento em subsuperfície, ou ambos, se o relevo do local for plano ou suave ondulado. Pois mesmo que ocorra acúmulo de água em superfície, esta dificilmente consegue atingir a energia necessária para ocasionar um processo erosivo intenso, o que facilmente é observado quando o relevo é acentuado.

7.2 Ponderação dos fatores

Estabeleceu-se a ponderação dos fatores de acordo com sua importância, atribuindo pesos diferenciados no processo final de decisão.

7.2.1 Efeito gota

Para o efeito gota a intensidade de precipitação é três vezes mais importante que a estabilidade dos agregados superficiais sob solo exposto (ver Tabela 09).

Os pesos e notas para a determinação do efeito gota são mostradas na Tabela 10.

Tabela 10 – Ponderação para o efeito gota

EFEITO GOTA	Intensidade de Precipitação	Estabilidade dos agregados superficiais
Notas/ Pesos	3	1
1	>1.250mm	Fraco, pequena granular ou sem estrutura
2	1.100 – 1.250mm	Fraco, média granular
3	900 – 1100mm	Moderada, pequena e média granular e fraco para as demais classes e tipos de estruturas
4	800 – 900mm	Forte, pequena e média granular; moderada forte para as demais classes e tipos de estruturas

7.2.2 Escorrimento superficial

Para o escoamento superficial a declividade é três vezes mais importante que a velocidade de infiltração. Para determinar a velocidade de infiltração foram integrados os seguintes indicadores: altura e natureza da camada de impedimento, que é cinco vezes mais importante que a retenção de umidade do solo; relação macro-microporosidade, que é três vezes mais importante que a retenção da umidade do solo (ver Tabela 09).

Os pesos e notas para a determinação da velocidade de infiltração são mostrados na Tabela 11.

Para escoamento superficial, associou-se a velocidade de infiltração, já descrito, e a declividade, pois estes ditam a disponibilidade de água para escoamento e a velocidade em que a água pode escoar pelo solo.

Tabela 11 – Ponderação dos indicadores para velocidade de infiltração

VELOCIDADE DE INFILTRAÇÃO	Altura e natureza da camada de impedimento	Relação macro-microporosidade	Retenção da umidade do solo
Notas Pesos	5	3	1
1	Substrato rochoso de textura fina pouco permeável e de relevo “abaciado” de drenagem impedida.	Colunar dispersa e horizontes de impedimento	> 400 e Ta
2	Horizontes cimentados e/ou substrato rochoso semipermeável, ou rochoso.	Blocos grandes, prismática e rochosidade, composta ou coeso e plânico e coeso e abrupto.	> 400 e Tb e 150 – 400 e Ta
3	Mudança textural abrupta e/ou Horizontes plânicos	Blocos pequenos e médios e / ou granular grande.	150 – 400 e Tb
4	Ausência de camada de impedimento	Granular pequena e média e / ou ultrafina granular.	< 150

7.3 Comparação par-a-par

A comparação par-a-par é definida como um método consensual para a aferição dos pesos.

Após definidos os pesos de acordo com a Tabela 09, o módulo WEIGHT, do Idrisi32, 132.2, utiliza esta técnica de comparação de pares para desenvolver um conjunto de pesos que serão, posteriormente, utilizados na geração dos planos de informação.

A hierarquia de importância para definir o efeito gota são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 – Matriz de comparação par-a-par para o efeito gota

	Intensidade de Precipitação	Estabilidade dos agregados superficiais
Intensidade de Precipitação	1	
Estabilidade dos agregados superficiais	3	1

A hierarquia de importância para definir a velocidade de infiltração são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Matriz de comparação par-a-par para velocidade de infiltração

	Altura e natureza da camada de impedimento	Relação macro-microporosidade	Retenção da umidade do solo
Altura e natureza da camada de impedimento	1		
Relação macro-microporosidade	3	1	
Retenção da umidade do solo	5	3	1

A hierarquia de importância para definir o escoamento superficial são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Matriz de comparação par-a-par para escoamento superficial

	Velocidade de infiltração	Declividade
Velocidade de infiltração	1	
Declividade	3	1

O peso final para cada plano de informação (Tabela 15, 16 e 17) são estimados através do método AHP ("Analytical Hierarchy Process – Processo de Hierarquização Analítica) aplicado à matriz de comparação par-a-par.

Tabela 15 – Peso final para o efeito gota

Microfatores	Pesos
Estabilidade dos agregados superficiais	0,25
Intensidade de precipitação média anual	0,75

Tabela 16 – Peso final para velocidade de infiltração

Indicadores	Peso
Retenção da umidade do solo	0,11
Relação macro-microporosidade	0,33
Altura e natureza da camada de impedimento	0,56

Tabela 17 – Peso final para escoamento superficial

Fatores	Peso
Velocidade de infiltração	0,25
Declividade	0,75

7.4 Planos de Informação

Foram gerados, assim, os planos de informação para o efeito gota (Apêndice A) e os planos de informação para o escoamento superficial (Apêndice B).

7.4.1 Planos de informações do efeito gota

O mapa do Efeito Gota foi obtido integrando os planos intensidade de precipitação média anual e estabilidade dos agregados superficiais.

7.4.1.1 Intensidade de precipitação média anual

Para intensidade de precipitação, o efeito gota no solo é maior durante uma chuva muito forte, pois milhares de milhões de gotas de chuva golpeiam o solo, desprendendo suas partículas, que são facilmente transportadas pela água.

As classes de intensidade de precipitação estão descritas a seguir da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 03.

- Entre 800 e 900mm – os solos em que ocorre esta intensidade de precipitação são: Cambissolos Háplicos (CXbe), Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXve2, GXve3), Espodossolos (EKg1), Latossolo Amarelo (LAdx3), Argissolos Amarelos (PAdx1, PAdx2), Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2, RYbe1, RYbe2).

- Entre 900 e 1.100mm – os solos onde ocorre esta intensidade de precipitação são: Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd13, LVAd15, LVAd21, LVAd22), Organossolos (OJy), Argissolos Amarelos (PAd1), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAAd10, PVAAd14, PVAAd18, PVAAd19, PVAAd3, PVAAd6, PVAe13), Argissolos Amarelos (PAdx3), Organossolos (OXy), Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4, Pve9), Neossolos Flúvicos (RYbe3), Planossolos Hidromórficos (SGe1).

- Entre 1.100 e 1.250mm – os solos onde ocorre esta intensidade de precipitação são: Argissolos Vermelhos (PVe9).

- Maior que 1.250mm – os solos onde ocorre esta intensidade de precipitação são: Afloramento rochosos (AR3, AR5), Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8), Gleissolos (GXbd3), Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd26, LVAd9), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAAd28).

7.4.1.2 Estabilidade dos agregados superficiais

Para estabilidade dos agregados superficiais, o efeito gota no solo é de acordo com o grau de desenvolvimento, classe e tipo de estrutura do solo.

As classes da estabilidade dos agregados superficiais são descritas a seguir da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 04.

- Forte, pequena e média granular; moderada forte para as demais classes e tipos de estruturas – solos que apresentam um grau de desenvolvimento alto quando do tipo granular, e moderado com os demais tamanhos e tipos de partículas. As classes de solos que apresentam esta característica são: Organossolos (OJy, Oxy) Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAAd13), Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4).

- Moderada, pequena e média granular e fraco para as demais classes e tipos de estruturas - solos que apresentam grau de desenvolvimento moderado quando do tipo granular, e baixo com os demais tamanhos e tipos de partículas. As classes de solos com estas características são: Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXbd3, GXve2, GXve3), Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd13, LVAd15, LVAd21, LVAd22, LVAd26, LVAd9), Argissolos Amarelos (PAdx1, PAdx2), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd28, PVAd3, PVAd6), Argissolos Vermelhos (PVe9), Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2, RYbe1, RYbe2, RYbe3).

- Fraco, média granular – solos que apresentam partículas com grau de desenvolvimento baixo, tipo granular e de tamanho médio. As classes de solos com estas características são: Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8, CXbe), Espodossolos (Ekg1), Latossolo Amarelo (Ladx3), Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx2, PAdx3), Planossolos Hidromórficos (SGe1).

- Fraco, pequena granular ou sem estrutura - solos que apresentam partículas com grau de desenvolvimento baixo, tipo granular e de tamanho pequeno ou sem estrutura. As classes de solos com estas características na estrutura são: Afloramentos rochosos (AR3, AR5).

7.4.2 Planos de informação do escoamento superficial

O mapa do Escoamento Superficial foi obtido integrando os planos declividade e velocidade de infiltração. Para determinar o mapa de velocidade de infiltração foram integrados os planos de altura e natureza da camada de impedimento, relação macro-microporosidade e retenção da umidade do solo.

7.4.2.1 Velocidade de infiltração

Na velocidade de infiltração foram considerados 03 indicadores do solo. As alterações na estrutura da superfície do solo que vai determinar a velocidade com que a água pode entrar na camada superficial e pela velocidade com que ela pode

penetrar através do perfil do solo. Quanto mais fácil for a velocidade de infiltração menor a erodibilidade do solo.

Para o indicador *Altura e natureza da camada de impedimento*, a velocidade de infiltração é afetada pela variação na textura do perfil. Se um solo arenoso tem logo abaixo uma camada de material pouco permeável (argila), a camada de impedimento, espera-se alta velocidade de infiltração até que a camada arenosa fique saturada, e desse momento em diante, infiltração menor, em virtude da camada de impedimento.

As classes da altura e natureza da camada de impedimento são descritas a seguir, da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 05.

- Ausência de camada de impedimento – solos que não apresentam variação na textura do perfil. A classe de solo que recebeu esta nota é: Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd13, LVAd15, LVAd21, LVAd22, LVAd26, LVAd9).

- Mudança textural abrupta e/ou Horizontes plânicos – solos que apresentam variação na textura do perfil do horizonte A para o horizonte B. As classes de solos com esta característica são: Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd28, PVAd3, PVAd6, PVAe13), Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4, PVe9).

- Horizontes cimentados e/ou substrato rochoso semipermeável, ou rochoso – solos que apresentam uma camada de impedimento na superfície. As classes de solos são: Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8, CXbe), Latossolos Amarelos (LAdx3), Argissolos Amarelos (PAdx1, PAdx2, PAdx3), Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2, RYbe1, RYbe2, RYbe3).

- Substrato rochoso de textura fina pouco permeável e de relevo “abaciado” de drenagem impedida – solos que apresentam a altura da camada de impedimento muito próxima a superfície, podendo ser de natureza com uma textura pouco permeável ou pela proximidade ao lençol freático. As classes de solos são: Afloramentos Rochosos (AR3, AR5), Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXbd3, GXve2, GXve3), Espodossolos (Ekg1), Organossolos (OJy, OXy), Planossolos Hidromórficos (SGe1).

Para o indicador *Relação macro-microporosidade* a velocidade de infiltração é de acordo com o tamanho e a disposição dos espaços porosos. Este indicador é inferido pelas características da estrutura do solo. A forma da unidade dá o seu tipo. O tamanho em que se separam caracteriza o tamanho da estrutura. Com o tipo e a classe da estrutura podemos avaliar a velocidade de infiltração da água no solo. Os tipos de estrutura normalmente encontrados no solos são: laminar, prismática, em blocos ou poliédrica, granular ou esferoidal. O segundo aspecto usado na caracterização da estrutura refere-se ao tamanho das unidades estruturais. São conhecidas as seguintes classes: muito pequena, pequena, média, grande, muito grande.

A seguir são descritas as classes, da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 06, da relação macro-microporosidade:

- Granular pequena e média e / ou ultrafina granular – solos onde há um maior número de vazios para a água infiltrar. As classes de solos que se apresentam com esta característica são: Espodossolos (EKg1), Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd13, LVAd15, LVAd 21, LVAd22, LVAd26, LVAd9).

- Blocos pequenos e médios e / ou granular grande – solos com baixo número de vazios para a água percolar. As classes de solos com estas características são: Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8, CXbe) Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXbd3, GXve2, GXve3), Organossolos (OJy, OXy), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd28, PVAd3, PVAd6, PVAe13), Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4, PVe9).

- Blocos grandes, prismática e rochosidade, composta ou coeso e plânico e coeso e abrupto – solos que apresentam um moderado número de vazios por onde a água pode infiltrar. As classes de solos são: Latossolos Amarelos (LAdx3), Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx1, PAdx2, PAdx3), Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2, RYbe1, RYbe2, RYbe3).

- Colunar dispersa e horizontes de impedimento – solos com um número de vazios bem baixo, onde a água tem grandes dificuldades para infiltrar. As classes de solos

com estas características são: Afloramentos rochosos (AR3, AR5) e Planossolos Hidromórficos (SGe1).

Para o indicador *Retenção da umidade do solo* a velocidade de infiltração é de acordo com o teor e qualidade da argila.

As classes de Retenção da umidade do solo são descritas a seguir da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 07.

- Menor que 150 g.Kg^{-1} de argila – solos que apresentam uma textura arenosa. As classes de solos com estas características são: Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXbd3, GXve2, GXve3) e Organossolos (OJy, OXy).

- Entre 150 e 400 g.Kg^{-1} e Tb (atividade da argila baixa) – solos que apresentam uma textura média e baixa atividade da argila. As classes de solos com estas características são: Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8, CXbe), Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd13, LVAd15, LVAd 21, LVAd22, LVAd26, LVAd9), Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4, PVe9) e Neossolos Flúvicos (RYbe1, RYbe2, RYbe3).

- Maior que 400 g.Kg^{-1} e Tb e entre 150 e 400 g.Kg^{-1} e Ta – solos que apresentam uma textura argilosa e atividade da argila baixa ou alta. As classes de solos são: Latossolos Amarelos (LAdx3), Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx1, PAdx2, PAdx3), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd28, PVAd3, PVAd6, PVAe13), Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2), Planossolos Hidromórficos (SGe1).

- Maior que 400 g.Kg^{-1} e Ta (atividade da argila alta) – solos com uma textura muito argilosa e alta atividade da argila. As classes de solos são: Afloramento Rochoso (AR3 e AR5) e Espodossolos (EKg1).

7.4.2.2 Declividade

As fases do relevo qualificam condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que afetam as formas de modelado

(formas topográficas) de áreas de ocorrência das unidades do solo. Essas distinções são empregadas para facilitar inferências sobre suscetibilidade dos solos à erosão (Embrapa, 1988).

As classes de relevo encontradas no município são reconhecidas a seguir da maior nota (4) para a menor (1) – Tabela 08.

- Plano – superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividade variáveis de 0 a 3%. Neste relevo, as classes de solos receberam a menor nota (4), onde a erodibilidade é nula quando analisamos apenas este fator. As classes de solos que estão presentes neste relevo são: Neossolos (RUbd1, RUbd2, RUbe1, RUbe2, RUbe3), Planossolos (SGe1), Argissolos (PAdx1, PAdx2), Latossolos (LAdx3), Organossolos (OJy, OXy), Gleissolos (GXve3, GXve2, GXbd3, GMe, GMd, GJi), Espodossolos (EKg1) e Cambissolos (CXbe).

- Suave ondulado – superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros, apresentando declive suave, predominantemente variando de 3 a 8%. Para esta superfície de topografia, as classes de solos receberam nota 3, com uma erodibilidade considerada baixa. As classes de solos que aparecem neste relevo são: Argissolos (PVAd3, PAdx3) e Latossolos (LVAd21).

- Ondulado - superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados, predominantemente variando de 8 a 20%. Nesta declividade, as classes de solos receberam nota 2, moderada erodibilidade. As classes de solos presentes neste relevo são: Argissolos (PVAd6, PVAd18, PVAd10, PAd1), Latossolos (LVAd9, LVAd13, LVAd15).

- Forte ondulado – superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros ou raramente colinas, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20 a 45%. Para este relevo, as classes de solos receberam a menor nota (1), onde a erodibilidade é alta. As classes de solos presentes neste relevo são: Argissolos (PVe2, PVAe13, PVAd19, PVAd14), Latossolos (LVAd26, LVAd22, LVAd12, LVAd10).

- Montanhoso - superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamento montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, variando predominantemente de 45 a 75%. As classes de solos neste relevo receberam a menor nota (1). As classes de solos presentes neste relevo são: Argissolos (PVe9, PVe4, PVe15, PVAd28) e Cambissolos (CXbd4, CXbd8).

- Escarpado – áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, usualmente ultrapassando 75%. As classes de solos que se enquadram nesta declividade receberam a menor nota (1). As classes de solos com este relevo foram os Afloramentos Rochosos (AR3, AR5).

7.5 Mapa de erodibilidade

O mapa de erodibilidade em solo exposto obtido pelo cruzamento matricial entre o mapa do efeito gota e o mapa do escoamento superficial foi gerado por indicadores pedológicos e de precipitação fundamentais no processo de erosão.

Abaixo, nas Tabelas 18, 19 e 20, tem-se as sete classes do mapa do efeito gota (Figura 13), oito classes do mapa do escoamento superficial (Figura 14) e oito classes do mapa de erodibilidade em solo exposto (Figura 15), descritas da menor classe (extremamente baixo) para a maior (extremamente alto) e os respectivos solos de ocorrência:

Tabela 18: Classes e solos do mapa do efeito gota

Classes	Solos
	- Organossolos (OJy, OXy)
Extremamente baixo	- Gleissolos (GXve3, GXve2, GMe, GMd, GJi) - Argissolos Vermelhos (PVe4) - Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbd2, RYbe1, RYbe2).
Muito baixo	- Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd13, LVAd15, LVAd 21, LVAd22) - Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd14, PVAd18, PVAd19, PVAd3, PVAd6, PVAe13) - Argissolos Vermelhos (PVe9) - Neossolos Flúvicos (RYbe3)
Baixo	- Cambissolos Háplicos (CXbe) - Latossolos Amarelos (LAdx3) - Argissolos Amarelos (PAdx2) - Espodossolos (Ekg1)
Moderado	- Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx3) - Argissolos Vermelhos (PVe9) - Planossolos (Sge1)
Alto	- Latossolos Vermelhos Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd26, LVAd9) - Argissolos Vermelhos Amarelos (PVAd28) - Gleissolos (GXbd3).
Muito Alto	- Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8).
Extremamente alto	- Afloramento (AR3, AR5).

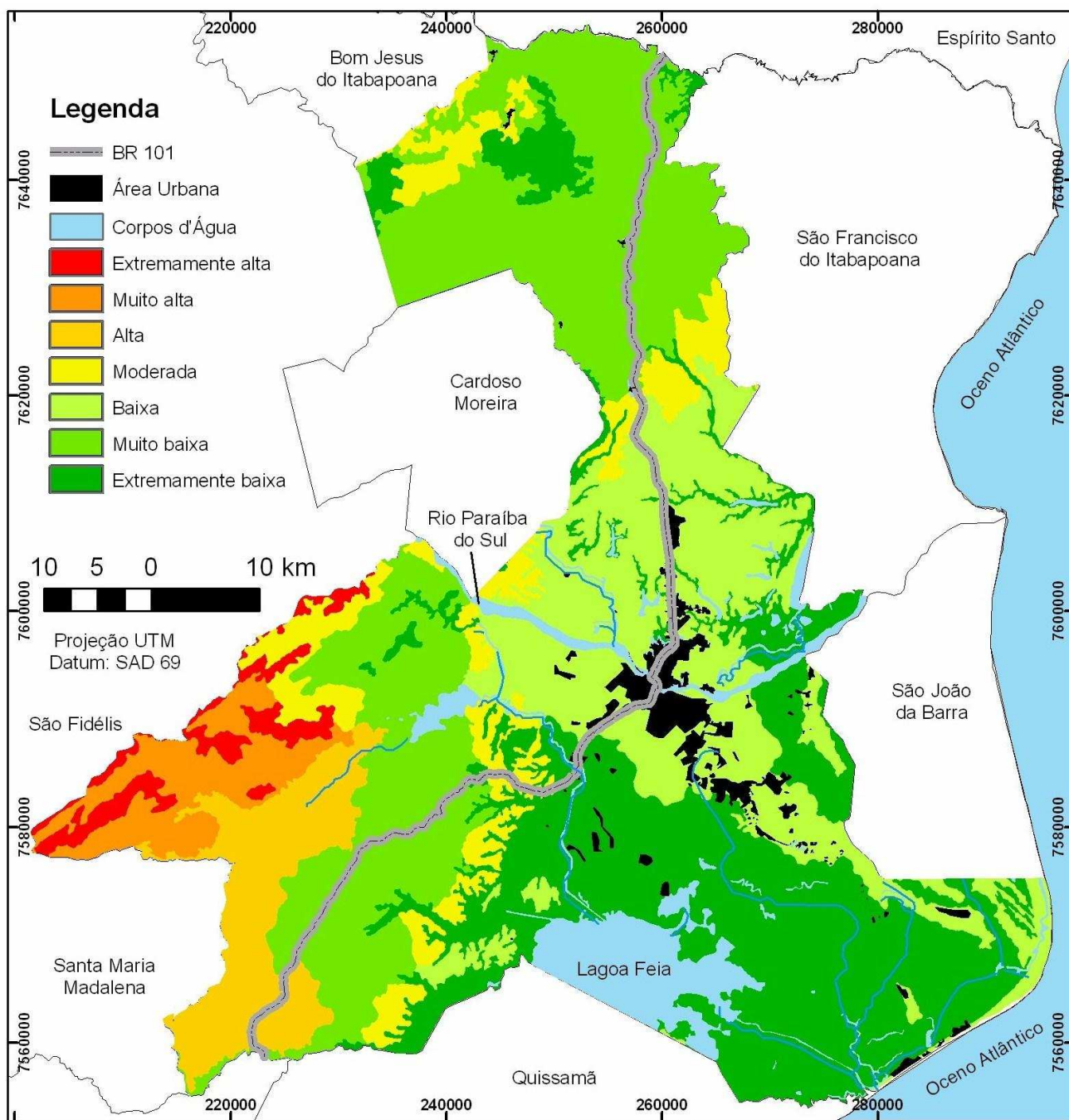


Figura 13: Mapa do Efeito Gota.

Tabela 19: Classes e solos do mapa do escoamento superficial

Classes	Solos
Extremamente baixo	- Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd21)
Muito baixo	- Cambissolos Háplicos (CXbe) - Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd13, LVAd15, LVAd9)
Baixo	- Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd3) - Neossolos Flúvicos (RYbd2, RYbe1, RYbe2, RYbe3)
Moderado	- Latossolos Amarelos (LAdx3), Argissolos Amarelos (PAdx2) - Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd10, PVAd18, PVAd6) - Neossolos Flúvicos (RYbd1)
Moderadamente alto	- Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXbd3, GXve2, GXve3) - Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd22, LVAd26), - Organossolos (OJy, OXy) - Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx3).
Alto	- Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd28) - Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4, PVe9).
Muito Alto	- Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8) - Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd14, PVAd19, PVAe13).
Extremamente alto	- Afloramento (AR3, AR5) - Espodossolos Humilúvicos (EKg1) - Planossolos Hidromórficos (SGe1)

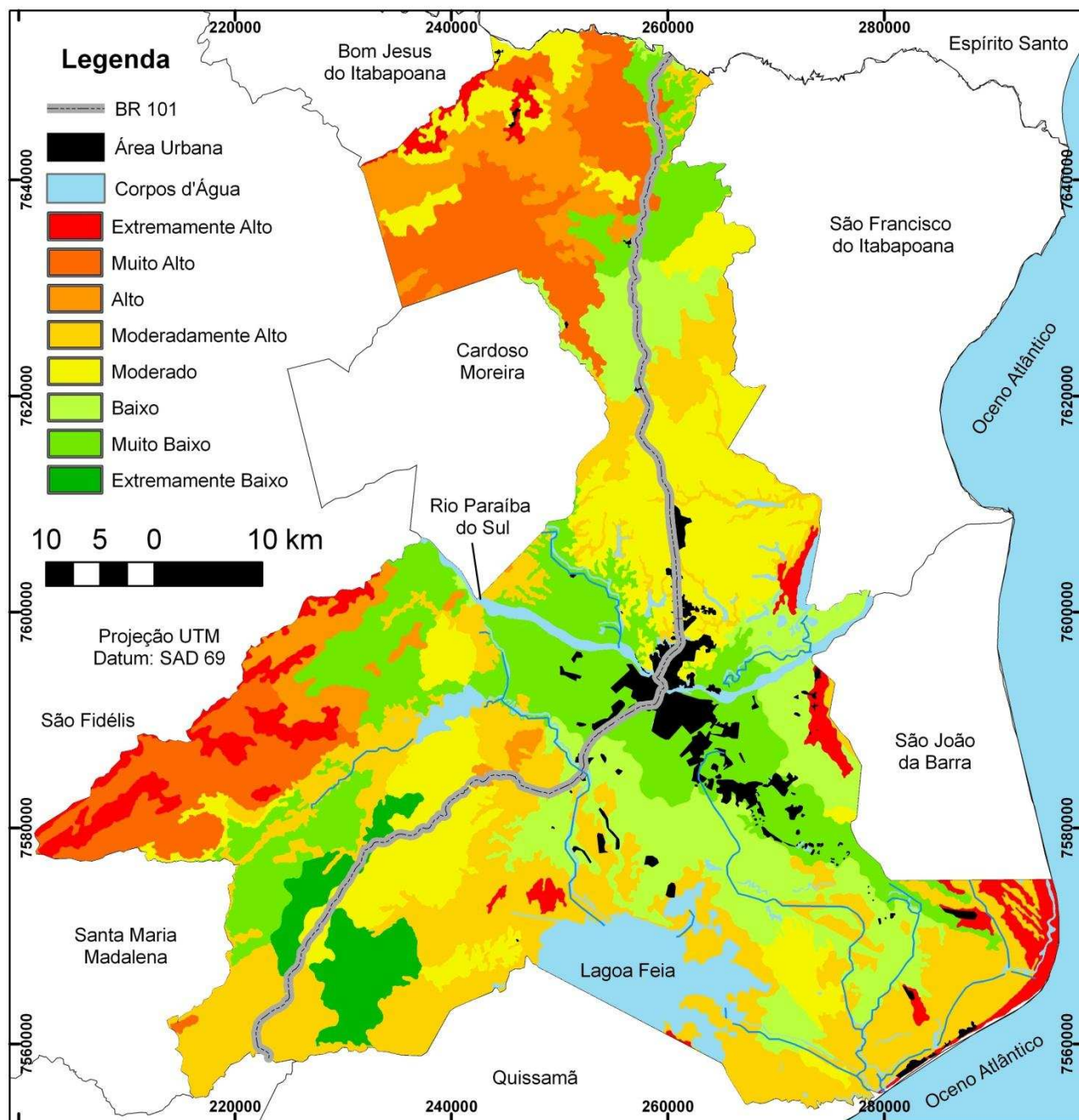


Figura 14: Mapa do Escorrimento Superficial.

Tabela 20: Classes e solos do mapa de erodibilidade em solo exposto

Classes	Solos
Extremamente baixo	- Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAd13, LVAd15, LVAd21) - Neossolos Flúvicos (RYbd2, RYbe1, RYbe2)
Muito baixo	- Cambissolos Háplicos (CXbe) - Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVAd3) - Neossolos Flúvicos (RYbd1, RYbe3)
Baixo	- Gleissolos (GJi, GMd, GMe, GXve2, GXve3) - Organossolos (OJi, OXy) - Argissolos Vermelhos–Amarelos (PVAd10, PVAd18, PVAd28, PVAd6)
Moderado	- Gleissolos (GXbd3) - Latossolos Amarelos (LAdx3) - Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd22) - Argissolos Amarelos (PAdx2)
Moderadamente alto	- Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd9) - Argissolos Vermelhos (PVe15, PVe2, PVe4)
Alto	- Argissolos Amarelos (PAd1, PAdx3)
Muito Alto	- Latossolos Vermelhos-Amarelos (LVAd10, LVAd12, LVAd26) - Argissolos Vermelhos–Amarelos (PVAd14, PVAd19, PVAe13) - Argissolos Vermelhos (PVe9)
Extremamente alto	- Afloramento (AR3, AR5) - Cambissolos Háplicos (CXbd4, CXbd8) - Espodossolos Humilúvicos (EKg1) - Planossolos Hidromórficos (SGe1)

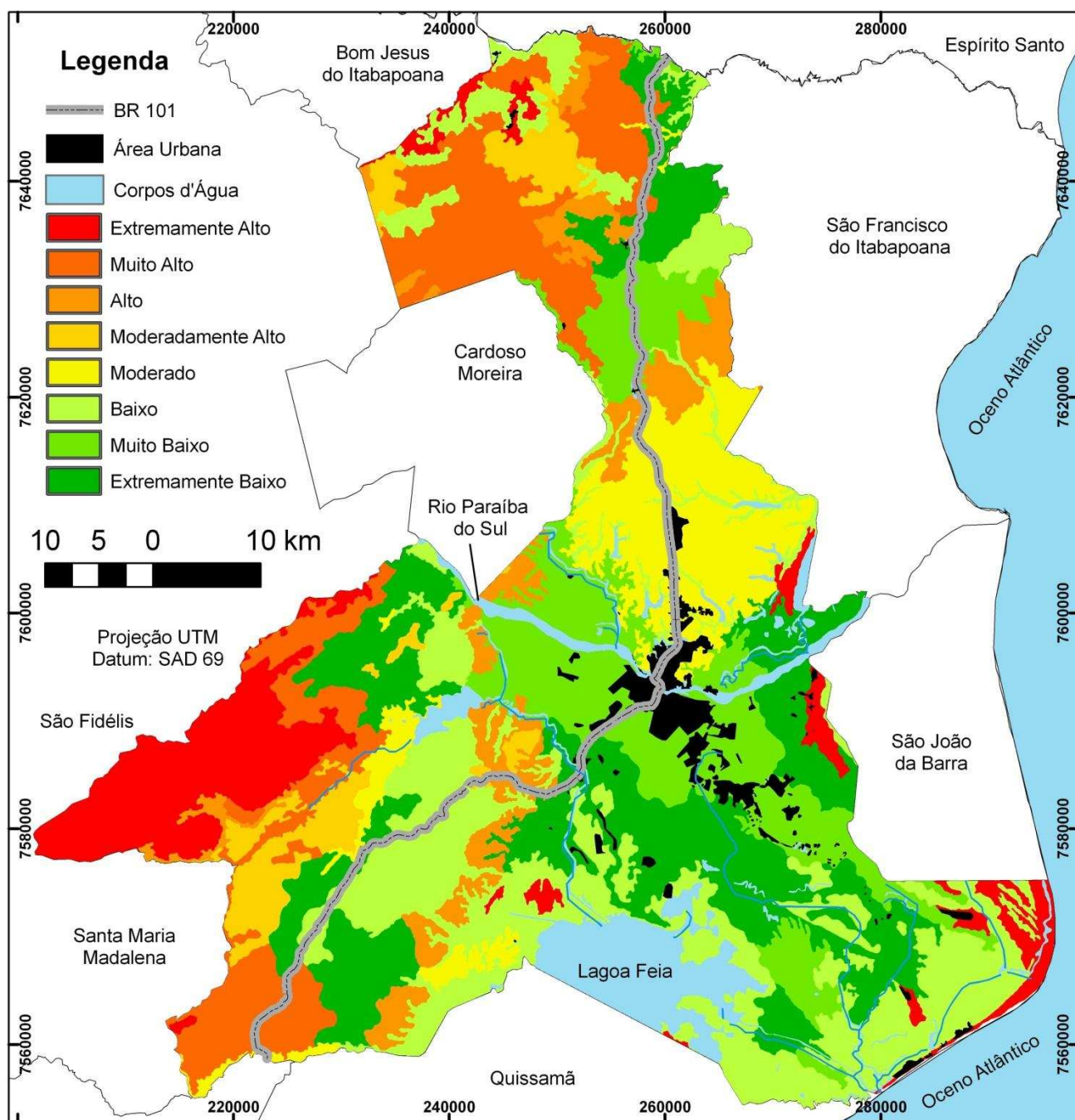


Figura 15: Mapa de Erodibilidade em Solo Exposto.

O produto gerado representou qual seria a erodibilidade, no município de Campos, em solo exposto, ou seja, onde a superfície do solo esta totalmente nua, sem qualquer tipo de cobertura.

Observou-se que as classes de erodibilidade extremamente baixa à baixa ocorreram nas planícies, região da baixada, determinados principalmente pela superfície do terreno predominantemente plana e a um regime de chuvas mais brandos.

As classes de erodibilidade extremamente alta à alta, ocorreram nos domínios serranos e colinosos, o qual representou as regiões serranas e colinosas, determinados em função do relevo movimentado e de um regime de chuvas intenso.

As classes de erodibilidade que variaram entre moderada e moderadamente alta, ocorreram na área dos tabuleiros.

O relevo e a intensidade de precipitação foram definitivos na diferenciação da erodibilidade entre as mesmas classes de solos, onde as características intrínsecas do solo são praticamente as mesmas. Os LATOSSOLOS VERMELHOS-AMARELOS, ARGISSOLOS VERMELHOS-AMARELOS e CAMBISSOLOS HÁPLICOS, localizados onde o relevo é considerado médio e a intensidade de precipitação é baixa, apresentaram erodibilidade extremamente baixa ou muito baixa; estes mesmos solos, quando localizados em relevo aos quais foram atribuídas notas altas e com uma intensidade de precipitação também alta, apresentaram erodibilidade extremamente alta e muito alta.

NEOSSOLOS FLÚVICOS, ORGANOSSOLOS, GLEISSOLOS, localizados em regiões onde foram conferidas notas baixas ao relevo e com baixa intensidade de precipitação, apresentaram erodibilidade extremamente baixa e baixa.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Visando uma avaliação, conservadora do recurso solo, utilizamos a análise multicritério para combinar diversas informações que correlacionam com a erodibilidade da área de estudo.

O presente trabalho gerou um mapa do escoamento superficial, mapa do efeito gota, e finalmente o mapa de erodibilidade em solo exposto para o Município de Campos, de grande importância, pois os resultados aqui obtidos podem ser usados, para uma melhor gestão do município, em especial no seu plano diretor. Os dois primeiros produtos gerados são fatores que influenciam diretamente na erodibilidade da região.

Os fatores relacionados a natureza do solo foram analisados diretamente das classes de solos ocorrentes na região visando uma interpretação representativa dos solos do município.

A análise qualitativa feita neste trabalho às classes de solos ocorrentes na região vem com uma proposta inovadora de usar as características dos solos, já existentes, com a análise computacional.

O trabalho de qualificação de erodibilidade por aplicação da análise multicritério teve caráter inédito na área de estudo, mesmo com toda sua extensão e diversidade de solos, não possui um banco de dados sobre a erodibilidade de seus solos. Recomenda-se que sejam feitos ensaios de campo e laboratório para cada classe de solo do município a fim de comprovar quantitativamente os resultados

obtidos através da metodologia proposta.

O presente trabalho analisou a erodibilidade do município de Campos dos Goytacazes sob a ótica qualitativa, supondo a presença de solo exposto em toda sua extensão. A análise dos resultados viabilizou a mensuração dos processos naturais que causam erosão na região estudada. Recomenda-se o estudo da erodibilidade relativa ao uso do solo, principalmente na produção de cana-de-açúcar e na cobertura por pastagens, por sua relevância regional, mas também para outros usos e ocupações do solo (ocupação urbana, áreas industriais) no sentido de orientar para as práticas conservacionistas adequadas à cada local e condicionantes naturais.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M.G. (2000) *Análise ambiental da região oceânica de Niterói e do distrito de Inoá-Maricá/RJ com ênfase no mapeamento geológico-geotécnico e técnicas de geoprocessamento*. Tese (Doutorado em Ciências) - Rio de Janeiro - RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 174p.
- Assad, E.D., Sano, E.E. (1998). *Sistema de informações geográficas: Aplicações na agricultura*. Brasília: Embrapa.
- Brenda, F. (2008). *Escolha De Áreas Para Implantação De Aterro Controlado No Município De Campos Dos Goytacazes - Rj Utilizando Sistema De Informação Geográfica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, 160p.
- Bastos, C.A.B. (2000) Avaliação Geotécnica da erodibilidade dos solos. *II Simpósio da Prática de Engenharia Geotécnica da região Sul*, GEOSUL, p. 203-211.
- Bertoni, J. e Lombardi Neto, L. (1990) *Conservação do Solo*. 2.ed. São Paulo, 355p.
- Bertoni, J. e Lombardi Neto, F. (2005) *Conservação do Solo*. 5.ed. São Paulo. 355p.

- Brady, N.C. (1989) *Natureza e Propriedades dos Solos*. 7.ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 878p.
- Burrough, P.A. (1993) *Principles of geographical information system for land resources assessment*. Monograph on Soil and Resource – Oxford - Claredon. 194p.
- Calijuri, M.L. e Rohm, S.A. (1994) *Sistemas de informações geográficas*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. v.2. 34p.
- Corrêa, F. de P. (2003) *O uso do geoprocessamento na elaboração de documentos cartográficos como subsídio ao processo de zoneamento ambiental na bacia hidrográfica da Lagoa Feia no município de Campos dos Goytacazes/RJ*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF.
- Costa, A.N. (2005) *Mapeamento geológico-geotécnico e técnicas de geoprocessamento para planejamento da expansão urbana no município de Campos dos Goytacazes/RJ*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnia - Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF. 162p.
- Costa, A.N. (2009) *Estudos Geológico-Ambientais para o planejamento territorial do Município de Campos dos Goytacazes-RJ*. Dissertação (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências - Rio de Janeiro – RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. 273p.
- Costa, T.C.E.C., Ramos, D.P., Pereira, N.R., Baca, J.F.M. (2005) *Favorabilidade de terras para a agricultura familiar por meio da análise multicritério*. GEOGRAFIA – v. 14, n. 2, jul./dez. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

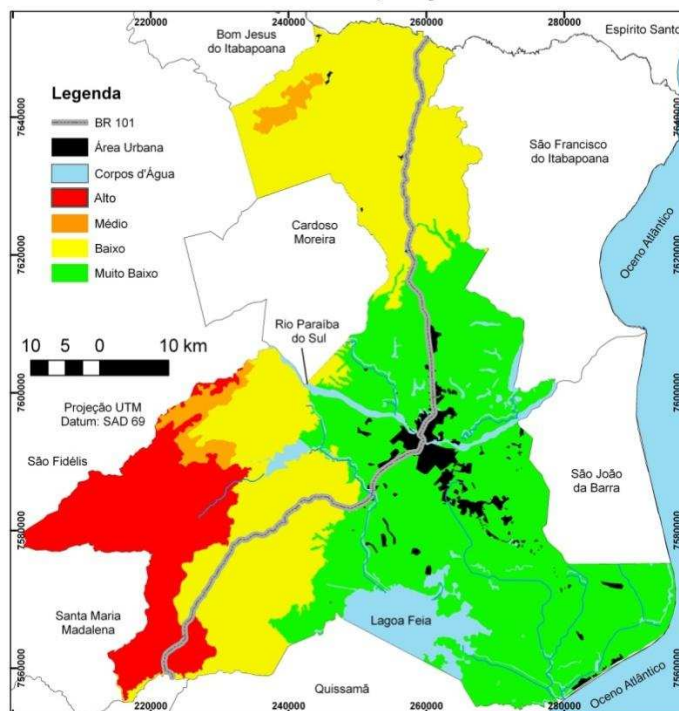
- CPRM/RJ (2001) *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*. Ministério das Minas e Energia, Secretaria de Minas e Metalurgia, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto Rio de Janeiro, CD-ROM. Brasília.
- Embrapa. (1998) Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS*. Rio de Janeiro. 67p.
- Embrapa. (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 2.ed. 306p.
- Eastman, R. (1997) *IDRISI for window: user's guide*. Version 2.0 Worcester: Clark University. Paginação irregular.
- Ferrari, A.L., Melo, E.F., Vaz, M.A.A., Dalcamo, M.T., Brenner, T.L., Silva, V.P., Nassar, W.M. (1981) *Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro – Bloco Campos Relatórios Técnicos*. DRM – Geomitec, Geologia e Mineração Trabalhos Técnicos Ltda. vol. 1. 172p.
- Fonseca, M.J.G. et al (1998) *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. 141p.
- Guerra, A.J.T. (1994) *Processos erosivos nas encostas*. In: Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos. Ed. Bertrand. Rio de Janeiro. p.149-209.
- IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. (2005). *Manual técnico de pedologia*. 2 ed. Rio de Janeiro. 296p.
- Infanti Jr, N., Fornasari Filho, N. (1998) *Processos de dinâmica superficial*. In: ABGE. Geologia de Engenharia. São Paulo. p.131-152.
- Ipira. (1996) *Plano de desenvolvimento municipal: diagnóstico agropecuário à implantação de um plano de ação*. Prefeitura Municipal de Ipira - SC.

- Jenny, H. (1941) *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. New York, McGraw-Hill. 281p.
- Llopis Trillo, G. (1999) *Control de la erosion y obras de deságüe – Manual de Estabilizacion y Revegetacion de Taludes*. Encontro Gráfico S. L., Madri.
- Lumbreras, J.F., Naime, U.J., Carvalho Filho, A. de, Witten, K.P., Shinzato, E., Dantas, M.E., Palmieri, F., Fidalgo, E. C. C., Calderano, S.B., Medina, A.I. de M., Pimentel, J. Chagas, C. da S. (2003) *Zoneamento Agroecológico do Estado do Rio de Janeiro*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.33. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 113p.
- Mota, S. (1997) *Introdução a engenharia ambiental*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, Rio de Janeiro - RJ, p 81-88.
- Oliveira A.M.S., Brito, S.N.A. (1998) *Geologia de Engenharia*. Associação Brasileira de Geologia e Engenharia. 569p.
- Oliveira, J.B. (2008) *Pedologia Aplicada*. Piracicaba: FEALQ. 3. ed. 592p.
- Oliveira, J.B., Jacomine, P.K., Camargo, M.N. (1992) *Classes Gerais de Solos do Brasil*. Jaboticabal – SP. Fundação de Estudos e Pesquisa em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia – FUNEP. 201p.
- Ramos, D.P., Rego Filho, L.M. (2008) *Pedologia e interpretação para o manejo e a conservação do solo e da água*.
- Ribeiro, L.S. (2006) *Análise qualitativa e quantitativa de erosão laminar no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF. 154p.

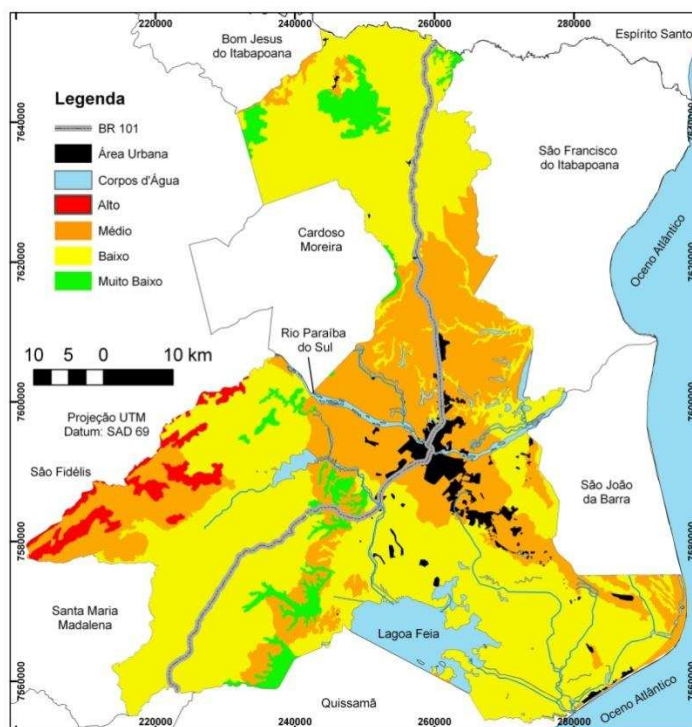
- Roth, C.H., Castro Filho, C., Medeiros, G.B. (1991) *Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um latossolo roxo distrófico*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, n. 15, p. 241-248.
- Salomão, F.X.T., Iwasa, O.Y. (1995). *Erosão e ocupação rural e urbana*. In: ABGE. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo. p.31-57.
- Silva, A.B., Resende, M., Sousa, A.R., Margolis, E. (1999) Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um regossolo no agreste pernambuco. *In: Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.2, p.299-307.
- Teixeira, W. et al. (2000) *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos. 558p.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1965) *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky mountain: Guide for selections of practices for soil and water conservation*. Washington: Department of Agriculture. 47p (USDA. Agriculture handbook, 282).
- Zuquete, L.V., Gandolfi, N. (2004) *Cartografia Geotécnica*. São Paulo: Oficina de Textos.

APÊNDICE A

Intensidade de Precipitação Média Anual

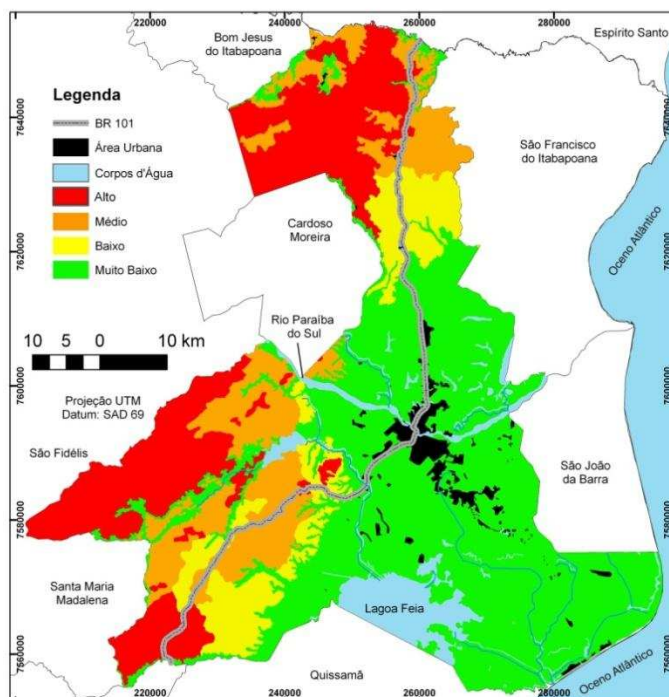


Estabilidade dos Agregados

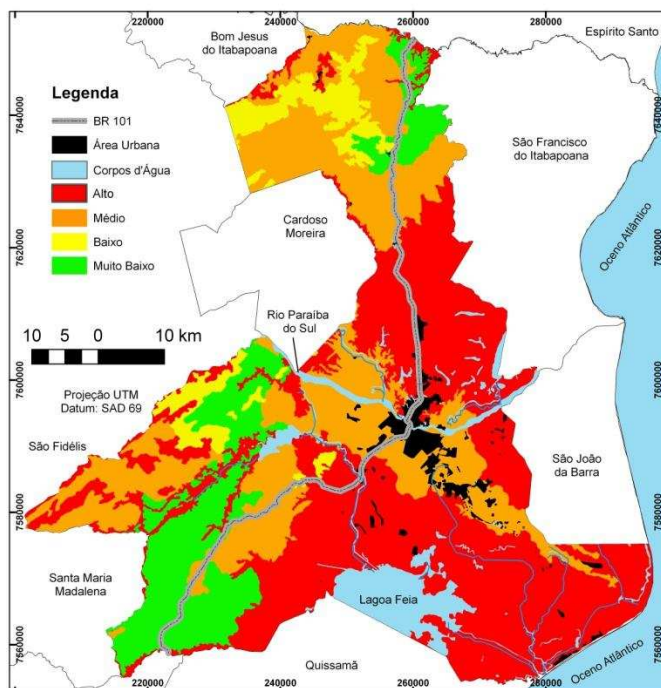


APÊNDICE B

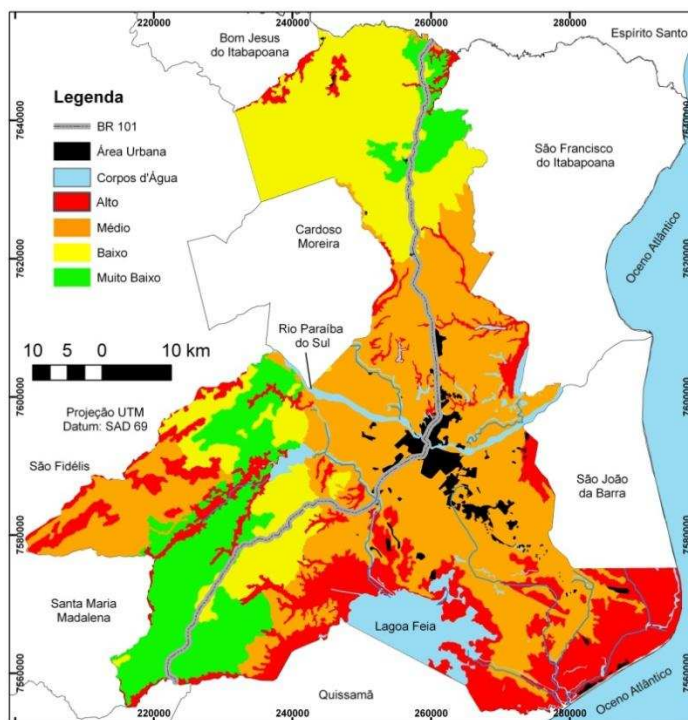
Declividade



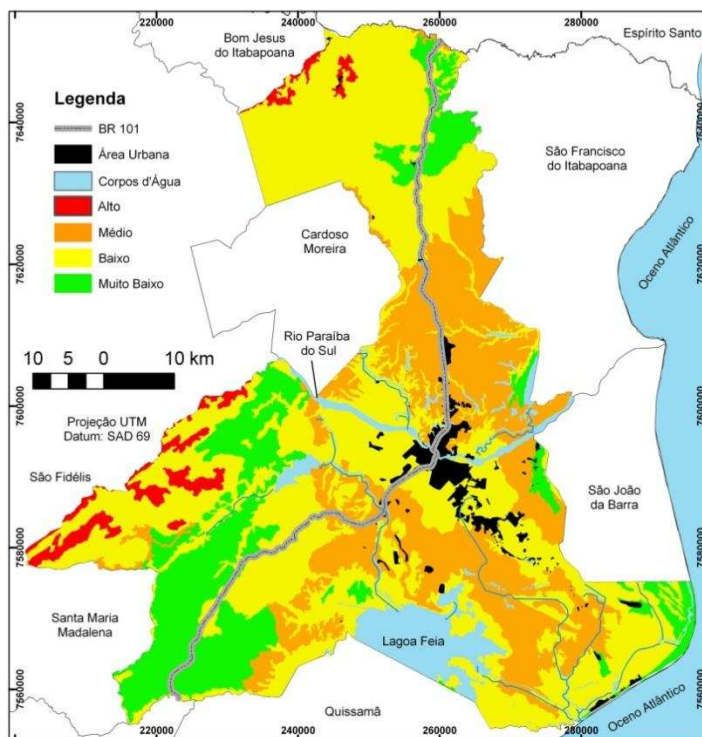
Velocidade de Infiltração



Altura da Camada de Impedimento



Relação Macro Micro Porosidade



Retenção da Umidade do Solo

