ANÁLISE DA PERDA DE SOLO ATRAVÉS DE SIG E SR: CASO MUNICÍPIO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ

Ivo Gilberto Duarte David da Costa [1]; Francisco Antonio Dupas [2] & Frederico Fábio Mauad[3]

RESUMO --- Este trabalho apresenta meios de determinar as perdas de solo utilizando técnicas de geoprocessamento, juntamente com as ferramentas de sensoriamento remoto e o uso de sistemas de informações geográficas. A análise da perda de solo, bem como a determinação da taxa média da perda de solo, para três datas diferentes em uma escala de tempo, foi desenvolvida em uma micro bacia inserida dentro do município de Santa Rita do Sapucaí (MG). Com base na análise de imagens de satélites e da carta topográfica da área de estudo, foi possível determinar fatores da equação universal de perda de solo, de forma a ter uma estimativa da taxa de perda de solo para a região. Assim com o tratamento dos dados, chegou-se a valores para o potencial natural de erosão do solo, onde obtivemos que este é de 472,95 (t .ha^{-1}. ano^{-1}), enquanto que a perda de solo considerando os fatores que estão relacionados aos tipos de coberturas e manejo do solo obteve se para o ano de 1989 a taxa de perda de 70,0896779 (t .ha^{-1}. ano^{-1}), em 2000 de 21,27509 (t .ha^{-1}. ano^{-1}) e em 2005 uma taxa 11,87207(t .ha^{-1}. ano^{-1}).

ABSTRACT --- This work presents an approach to determine the soil losses using geoprocessing techniques, together with Remote Sensing tools and geographic information system (GIS). The analysis of the soil loss, as well as the determination of the average rate of the soil loss for three different dates in a time scale, was developed on a watershed inserted inside the municipal district of Santa Rita do Sapucaí (MG). Based on satellite images and topographical map analysis of the study area, it was possible to determine factors of the soil loss universal equation, to allow an estimate of the soil loss rate for the region. Thus, through the data treatment, values for the natural potential of soil erosion have been found, which was 472,95 (t .ha-1. year-1) of soil loss rate, while considering factors related to soil cover and handling for the year 1989 the loss rate was 70,0896779 (t .ha-1. year-1), also in 2001 of 21,27509 (t .ha-1. year-1) and in 2005 a rate of 11,87207(t .ha-1. year-1).

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, geoprocessamento, Perda de solo, equação universal de perda de solo.

1)Engenheiro Hídrico, Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental, EESC/USP (CRHEA-SEA-EESC/USP)
Av. Trabalhador São Carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP, E-mail: ***ivo_gilberto@yahoo.com.br***
2) Professor Doutor do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá,MG, e-mail: ***dupas@unifei.edu.br***
3) Professor Doutor do Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC/USP, e-mail: ***mauadffm@sc.usp.br***

1. INTRODUÇÃO

A busca de metodologias que visam reduzir os impactos ambientais negativos oriundos das atividades antrópicas é uma necessidade para a própria sobrevivência humana. Atualmente é impossível dissociar de um empreendimento a 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. Com base na problemática descrita anteriormente, este trabalho teve como uma das metas principais, utilizarem os sistemas de informações geográficas e de sensoriamento remoto, na determinação da perda de solo.

Os avanços tecnológicos da cartografia automatizada, dos sistemas de gerenciamento de banco de dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto distinto de ferramentas para a captura automática de dados relacionados com a superfície terrestre para o gerenciamento, análise e apresentação das informações geradas. A ligação técnica e conceitual do desenvolvimento desta ferramenta resultou no incremento de uma enorme variedade de métodos de processamento de dados geográficos.

Assim, o desenvolvimento e aplicações dessas ferramentas à gestão ambiental tem sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para a aplicação das geotecnologias, que incluem os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto e se encontram num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos a custos relativamente baixos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Equação universal da perda de solos

Temos que a equação universal da perda de solo foi proposta por Wischmeier e Smith (1978), equação 1, que tem como finalidade auxiliar na estimativa da perda anual de solo que é ocasionada por erosão.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \qquad (1)$$

Onde temos que:

A = Perda de solo ($t .ha^{-1}. ano^{-1}$)

R = Fator de erosividade da chuva ($MJ.mm.ha^{-1}. h^{-1}.ano^{-1}$)

K = Fator de erodibilidade do solo ($t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$)

L = Fator de comprimento da rampa (adimensional)

S = Fator do grau de declividade (adimensional)

C = Fator de uso e manejo (adimensional)

P = Fator prática conservacionista (adimensional)

Com base nos fatores físicos da EUPS, foi definido o PNE, que é o Potencial Natural de Erosão, e está relacionado aos parâmetros físicos do meio. Essa é a estimativa da perda de solo para um meio no qual ainda não houve intervenção humana e no qual não há qualquer tipo de cobertura vegetal.

Onde temos a equação 2:

$$PNE = R \cdot K \cdot L \cdot S \quad (2)$$

PNE= Potencial natural de erosão (t .ha^{-1}.ano^{-1})

R = Fator de erosividade da chuva (MJ.mm.ha^{-1}. h^{-1})

K = Fator de erodibilidade do solo (t.h.MJ^{-1}.mm^{-1})

L = Fator de comprimento da rampa (adimensional)

S = Fator do grau de declividade (adimensional)

2.2. Fatores da equação universal da perda de solos

2.2.1. Fator R: Erosividade da chuva

Este fator representa um índice sobre o qual está relacionado à capacidade da chuva esperada para uma determinada localidade, causar erosão em uma área desprotegida.

A erosividade da chuva pode ser calculada pela equação 3:

$$EI = 89{,}823\left(\frac{r^2}{P}\right)^{0{,}759} \quad (3)$$

Onde temos que:

EI = Erosividade média mensal do mês x (MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1})

r = Precipitação média mensal do mês x (mm)

P = Precipitação média anual (mm).

Onde o fator de erosividade da chuva no período é dado pela equação 4:

$$R = \sum EI = \sum\left\{89{,}823 \cdot \left(\frac{r^2}{P}\right)^{0{,}85}\right\} \quad (4)$$

Em que:

R = erosividade anual da área (MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1})

EI = índice médio de erosividade mensal no mês x(MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1})

r = precipitação total média no mês x (mm)

P = precipitação total média anual (mm)

Para o cálculo do fator R, foram utilizados como base os valores de pluviosidade do posto 2245083, com o nome de São João do Itajubá, no período de 1990 á 2005. Este posto está sob responsabilidade de ANA (Agencia Nacional de Águas) e operado pelo IGAM (Instituto Mineiro de

Gestão das Águas). Esta estação se encontra a 845 metros de altitude em relação ao nível do mar nas coordenadas 454012 E 7525546 N, com o Datum córrego alegre, e sistema de projeção UTM.

2.2.2. Fator K: Erodibilidade do solo

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), a erodibilidade do solo está diretamente relacionada às características do solo que contribuem para a suscetibilidade à erosão. A erodibilidade de um solo pela água é determinada pelas suas propriedades intrínsecas que afetam a velocidade de infiltração no solo, permeabilidade e a capacidade de absorção de água; e as que conferem resistência à dispersão, à abrasão e às forças de transporte das chuvas e enxurrada.

2.2.3. Fator L e S: Fatores topográficos

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), o fator L está diretamente relacionado ao comprimento, enquanto que o fator S está relacionado ao declive do terreno. Esses valores são estudados separadamente, no entanto, para o emprego deste na equação universal da perda de solo, esses dois fatores foram unidos em um único fator chamado LS. Este representa relação das perdas de solo esperadas por unidade de área em um local com um declive qualquer, comparada às perdas de solo correspondentes em uma parcela unitária padrão de 25 metros com 9% de declividade.

Temos que a equação que pode ser utilizada para a determinação do fator LS foi apresentada por Bertoni e lombardi Neto, 1990.

Onde na equação 5:

$$LS = 0{,}00984 \cdot C_{LS}{}^{0{,}63} \cdot D^{1{,}18} \quad (5)$$

Situação em que:

LS = Fator topográfico (adimensional)

C_{LS} = Comprimento da rampa (m)

D = Grau de declividade (%)

2.2.4. Fator C: Uso e manejo

Para Fujihara (2002), o uso do fator (C) é a relação esperada entre as perdas de um solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. O fator C mede o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo utilizadas, desde o plantio até a colheita e influenciado pela época em que cada operação é realizada. Estes valores podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores do Fator C (Fonte: Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto - 1990)

Uso e manejo do solo	Fator C
Café	0,004
Pastagem	0,135
Mata ou vegetação natural (vegetação primária)	0,004
Sombras / Corpos d'água	0
Área Urbana	0

2.2.5. Fator P: Práticas conservacionistas

O fator P é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), as práticas conservacionistas de caráter vegetativo são aquelas em que se utiliza a vegetação para defender o solo contra a erosão.

Os valores para esse coeficiente podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 – Valores do Fator P (Fonte: Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto - 1990)

Práticas conservacionistas	Fator P
Plantio morro abaixo	1
Plantio em contorno	0,5
Cordões de vegetação permanente	0,2

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Materiais

- IBGE (1971-Folha SF-23-Y-B-II-2)
- Software AutoCAD versão 2002
- Software Idrisi 2.0
- Software Envi
- GPS Etrex Legend
- Imagens dos satélites Landsat 5 e 7 (13/07/1989 e 20/08/2000)
- Imagem do satélite CBERS-2 (03/07/2005)

3.2. ÁREA DE ESTUDO NO MUNICÍPIO DE SANTA RITA DO SAPUCAÍ

Santa Rita do Sapucaí está localizada em uma região que possui um razoável desenvolvimento, situa se entre as três maiores metrópoles do país, o que a coloca em posição estratégica para o crescimento da economia da cidade.

Possui uma extensão de 360Km² e 32.305 habitantes. Possui um clima tropical, com uma temperatura média de 21º, onde a mínima e máxima são respectivamente 6º e 32º. A cidade está situada a 821m de altitude em relação ao nível médio do mar.

A localização geográfica da cidade é 22º14'55" S 45º42'23" W. A cidade é limitada ao norte pelas cidades de Natécia, Silvianópolis e São Sebastião da Bela Vista, ao sul por Cachoeira de Minas e Piranguinho, á leste por São José do Alegre e Conceição das Pedras e á oeste por Pouso Alegre.

A área de estudo está inserida dentro dos limites municipais, sendo que está área é uma micro-bacia que contribui com aporte de sedimentos para o Rio Sapucaí. A atividade agrícola predominante dentro da bacia é o cultivo do café. A área é limitada ao norte pelo divisor de água da Serra da Manuella e ao sul pelo divisor de água que se encontra dentro dos limites municipais, que é a Serra do Rochedo.

A área da micro-bacia que será estudada é de 75,45 km² e com um perímetro aproximado de 44,4 km, com predominância de um relevo acidentado.

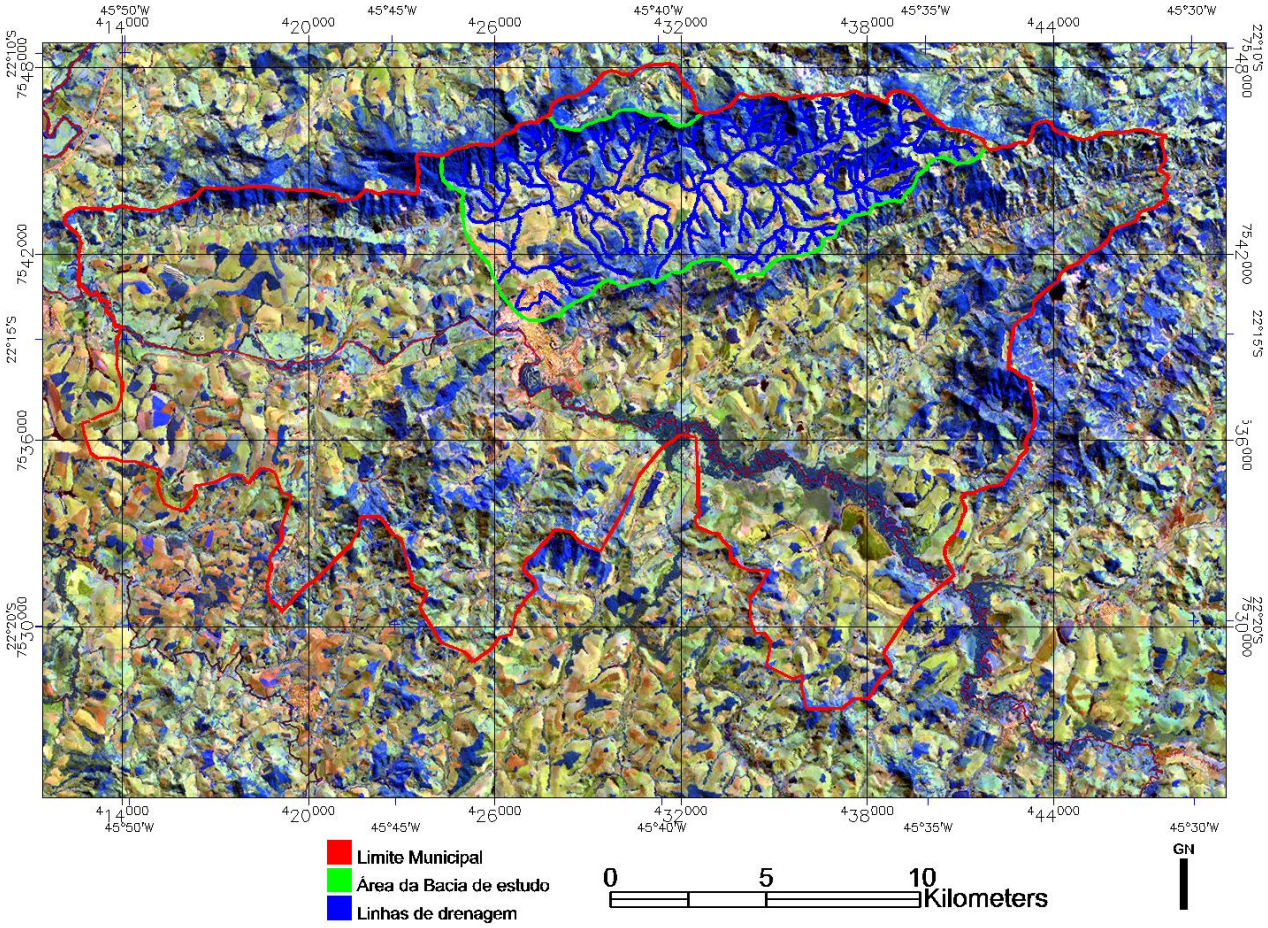

Figura 1– Área de estudo dentro do município de Santa Rita do Sapucaí – LANDSAT-7 (2000)

3.3. Análise e Tratamento dos dados coletados

3.3.1. Escala de trabalho

Para este tipo de trabalho, a julgar para o tamanho da micro-bacia, seria necessário um levantamento topográfico na escala de 1:10.000, onde teríamos um maior detalhamento do terreno. Porém, não foi possível devido à falta de uma carta que permitisse tal escala. Assim sendo, para efeito de análise, foi utilizada a carta do levantamento topográfico da cidade, de acordo com IBGE (1971-Folha SF-23-Y-B-II-2), na escala 1:50.000.

3.3.2. Trabalho de campo

As coordenadas foram coletas com o intuído de promover a localização dos pontos de reconhecimento da verdade terrestre para a identificação dos temas nas imagens de satélite, de forma a evitar distorções na classificação supervisionada, evitando um resultado final fora da realidade.

3.4. Digitalização de cartas topográficas.

Para a determinação das variáveis topográficas da EUPS foi necessária a utilização de mapas de curva de nível da região de estudo. Porém, para a utilização deste mapa, foi preciso fazer a conversão das curvas da imagem do scanner em curvas que pudessem ser trabalhadas e manipuladas independente uma das outras. Assim, realizou-se o processo de digitalização da carta topográfica e isso foi feito com o auxílio do software AutoCAD versão 2002, software no qual o ambiente facilitou todo o processo. Além disso, foi possível colocar essas curvas dentro de coordenadas verdadeiras do local.

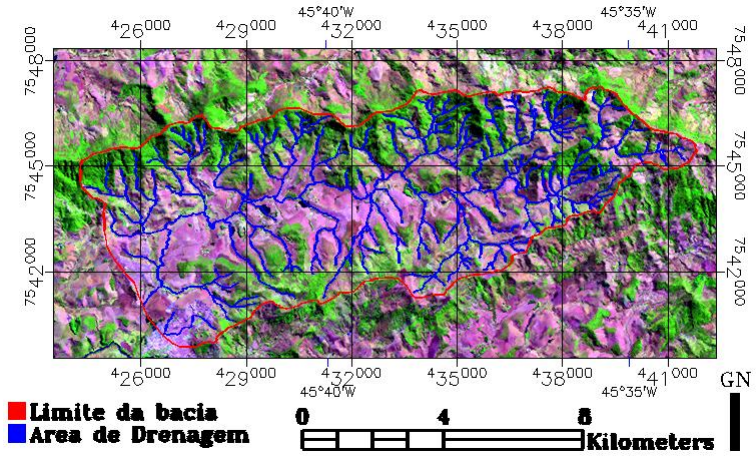

Figura 2– Imagem com os limites da bacia e as linhas de talvegue - Landsat 7 (2000)

3.5. Geração do modelo digital do terreno

Segundo Mendes e Cirilo (2001), o uso de estruturas matriciais para análise hidrológica é recomendado por serem computacionalmente eficientes e simples. Também são compatíveis com dados de sensoriamento remoto e muitos sistemas de informações geográficas.

Nas Figuras 3 e 4 podemos observar com melhor compreensão a forma das elevações da área de estudo.

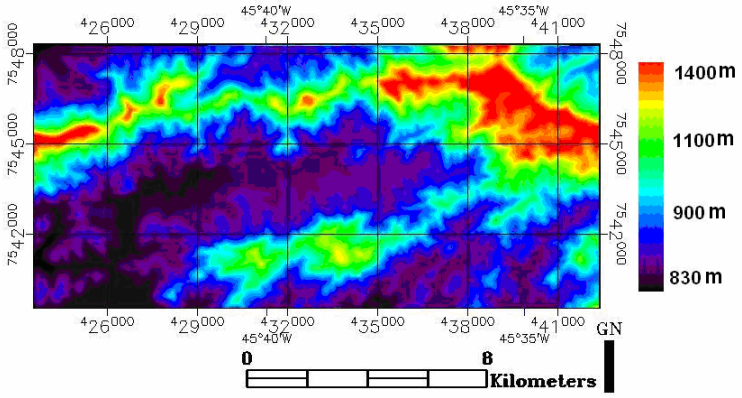

Figura 3 – Modelo digital de elevação com resolução espacial de 30 m

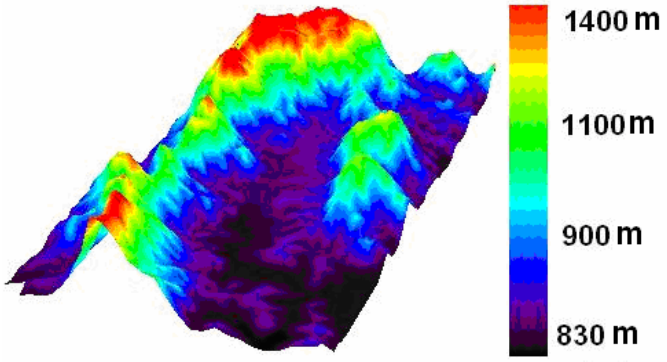

Figura 4 - Visualização em perspectiva do MDT com resolução de 30 m, com exagero vertical de 5x.

3.6. Mapa de declividade

Segundo Mendes e Cirilo (2001), a declividade ou inclinação do terreno é um dos atributos topográficos mais utilizados, pois exerce influência sobre o fluxo da água e é importante para estudos de erosão, sombreamento, energia solar recebida, reflectância da superfície, temperatura, etc.

Temos o mapa de declividade mostrado na Figura 5.

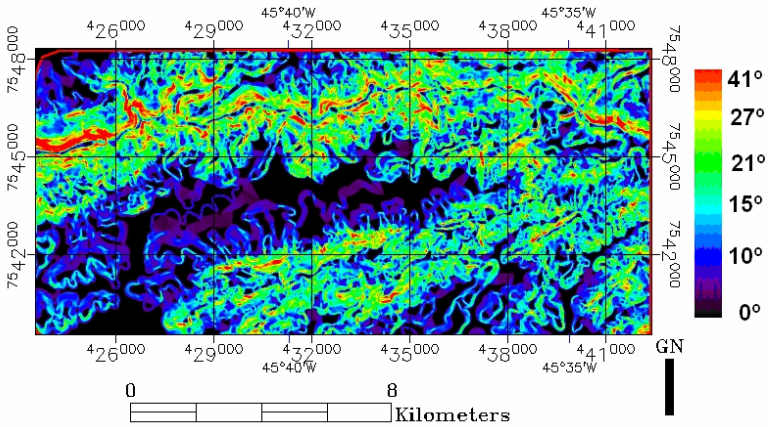

Figura 5 - Mapa de declividade com resolução de 30 m.

Assim o arquivo do mapa de declividade foi utilizado para a obtenção da matriz com os valores do fator LS da equação para cada pixel.

3.7. Classificação supervisionada.

O método de classificação utilizado foi á classificação Máxima verossimilhança, que é mais aplicada no tratamento de dados adquiridos por satélites. Este método é baseado no princípio de que a classificação errada de um píxel particular não tem mais significado do que a classificação errada de qualquer outro píxel na imagem. O usuário determina a significância nos erros de atributos especificados para uma classe em comparação a outras. Por exemplo, tendo-se duas subclasses da classe vegetação arbórea, seria mais aceitável classificar um píxel particular na subclasse "primária" para a subclasse "secundária" do que para a classe "água".

A Assim para a área de estudo, determinou-se basicamente cinco temas que foram significativos, os quais são:

- Vegetação primária
- Vegetação rasteira
- Café
- Área Urbana
- Corpus d’água e sombras

Nas figuras 6 e 7 temos o registro feito nas visitas à campo e o mesmo local visto pelo modelo digital do terreno, respectivamente.

Figura 6 - Foto da vista sentido oeste da bacia. Coordenadas 440153E 7546441N

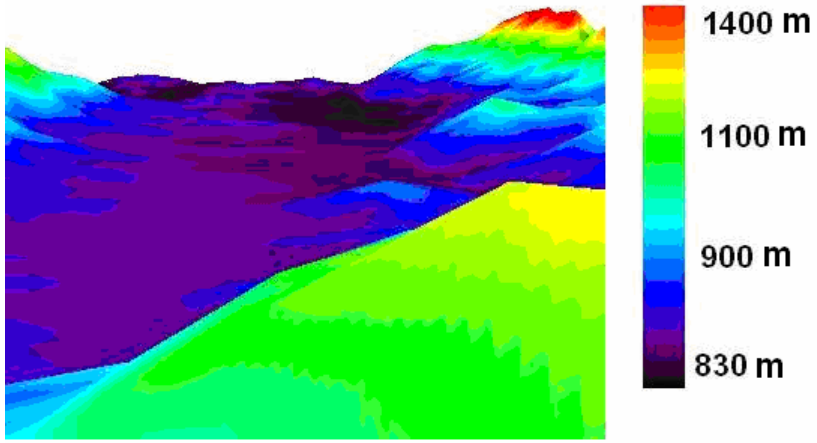

Figura 7 - Vista comparativa com o MDT, exagero vertical 2 vezes

4. DETERMINAÇÃO DOS FATORES DA EQUAÇÃO E RESULTADOS

4.1. Determinação do fator C

O fator C foi determinado com base nas imagens classificadas. Porém foi necessário associarmos valores que possuem o mesmo fator C, que é a área urbana e corpus d'água/sombras, esta última, pelo fato de não ser possível a determinação do alvo nas áreas sombreadas, adotando assim um coeficiente, do fator c, igual a zero, o que se torna uma fonte de erro dentro do processo. Nas figuras 8 e 9 temos alguns dos resultados das classificações feitas no trabalho.

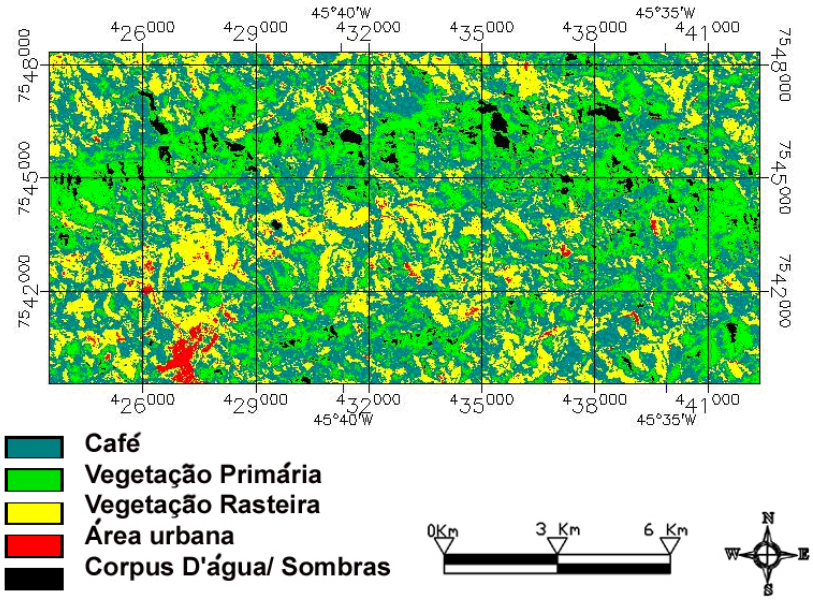

Figura 8 – Classificação supervisionada com imagem de 1989 – LANDSAT-5

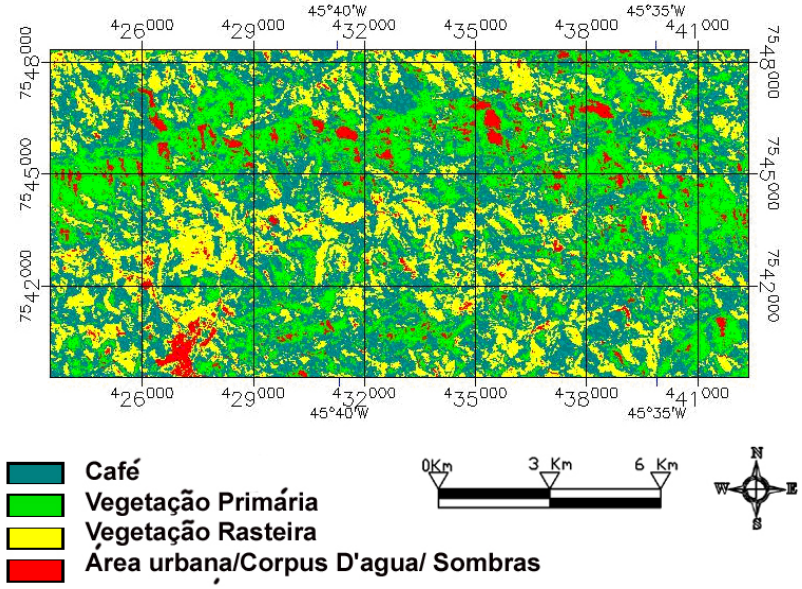

Figura 9 - Imagem de 1989 – LANDSAT-5

4.2. Determinação do fator P

Para a determinação do fator P, foi necessário fazer uma relação entre as informações da imagem classificada com o mapa de declividade para gerar a planilha com informações contendo os fatores P para cada píxel. Esta associação foi necessária em somente um dos temas, o do café.

4.3. Determinação do fator R

Com base na equação da erosividade da chuva foi possível obter valores de média mensal para cada mês, e somando estes valores obtém-se o valor da erosividade anual média.

Desta forma aplicando a equação para o cálculo do fator de erosividade para cada mês na tabela 3 e na figura 10 esses valores representados em um gráfico.

Tabela 3 – índice médio mensal de erosividade das chuvas (no período de 15 anos)

Mês	EI [Mj.mm/ha.h.mês]
Jan	2313,683
Fev	1303,591
Mar	1101,492
Abr	170,9655
Mai	210,0766
Jun	59,10274
Jul	66,6103
Ago	41,76657
Set	396,4687
Out	1082,746
Nov	1159,502
Dez	1561,342

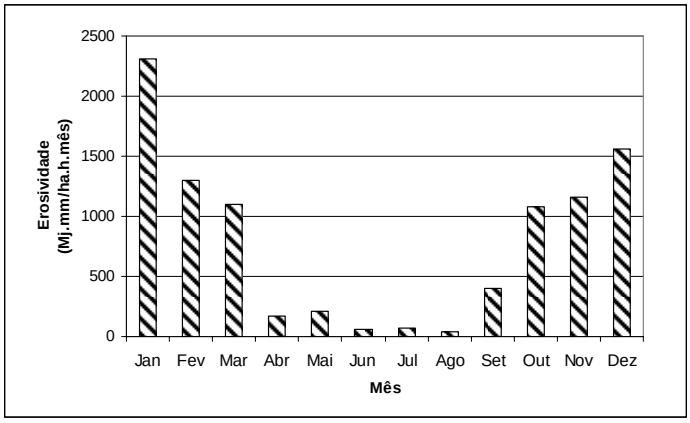

Figura 10 – Erosividade média para cada mês no período de 15 anos.

Aplicando a somatória da equação 6, obtivemos que:

$$R = \sum EI = \sum_{1990}^{2005}\left(89{,}823\left(\frac{r^2}{P}\right)^{0{,}85}\right) = 9467{,}346\left(\text{Mj.mm/ha.h.ano}\right) \qquad (6)$$

4.4. Determinação do Fator K

Alguns solos são mais facilmente erodidos que outros, mesmo quando o declive, a precipitação, a cobertura vegetal e as práticas de controle de erosão são as mesmas. Essa diferença, devida às propriedades inerentes ao solo, é referida como erodibilidade do solo.

De acordo com a tabela 4 temos que:

Tabela 4 – Fator de erodibilidade de alguns tipos de solos (Fonte: Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto - 1990)

Unidade de Solo	Fator K ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$)
Argilossolos	0,0350
Latossolos	0,0175
Neossolo Quartzênico	0,0296
Gleissolos e Hidromórficos	0,0000

Segundo dados da EMBRAPA SOLOS (2006), o tipo de solo predominante na cidade de Santa Rita do Sapucaí é o Latossolo Vermelho-Escuro distrófico muito argiloso e argiloso e o Latossolo Vermelho-Amarelo álico argiloso. Os latossolos são solos profundos, intemperizados, de boas propriedades físicas (textura, estrutura etc) e, neste caso, péssimas propriedades químicas, principalmente ligadas à fertilidade natural, pois ou têm baixa concentração de nutrientes para as plantas e/ou excesso de alumínio tóxico. Possuem um horizonte superficial medianamente desenvolvido, com teores baixos de matéria orgânica.

4.5. Determinação da perda total de solo

Na determinação da perda de solo, dois fatores serão comuns para toda área de estudo, sendo estes de erodibilidade do solo e de erosividade da chuva, devido a abrangência desses por toda área.

Porém o valor somado é para cada pixel que possui uma área bem menor que 1 Hectare e sendo que a unidade, de perda de solo, para cada píxel está sendo dada em Hectare. Desta forma foi necessário fazer a conversão para um valor, de perda de solo, sobre a área do píxel, através da multiplicação da relação entre a área do píxel e a área em metros quadrados de 1 Hectare, onde temos:

Fator de relação equação 7:

$$FR = \frac{Píxel}{Hectare}$$

$$FR = \frac{L^2(m^2)}{10000\ (m^2)} \qquad (7)$$

Sendo que todos os valores da equação acima são dados em metros e “L” é a resolução do píxel da imagem.

Desta forma obtém-se um valor de perda de solo pela área representada por cada píxel. E assim, somando todas as perdas em cada píxel temos o valor da perda de solo total na bacia dada em (t . ano-1), onde na tabela 5 temos essas perdas para cada ano analisado:

Tabela 5 – Perda total de solo por ano para a área de estudo

Ano	Perda total média de solo no período de 1 ano (t .ano^{-1})
1986	525672,58425
2000	159563,175
2005	89040,525

Assim de posse do valor total da área de drenagem da bacia em estudo, podemos determinar a taxa média de perda de solo por Hectare da bacia, onde temos que esta possui cerca de 7500 Hectares, assim temos a taxa média para cada ano expressa na tabela 6.

Tabela 6 – Taxa média de perda de solo para cada ano

Ano	Taxa média de perda de solo (t .ha^{-1}. ano^{-1})
1986	70,0896779
2000	21,27509
2005	11,87207

4.6. Determinação do potencial natural de erosão.

O potencial natural de erosão não leva em consideração, os fatores relacionados à cobertura vegetal do solo, bem como as práticas conservacionistas, que são justamente os fatores que estão relacionados às imagens de satélite, onde visa determinar as características e distinguir os elementos da superfície.

Assim:

PNE (taxa média na bacia) = 472,95 (t .ha-1. ano-1)

Desta forma podemos inserir o potencial natural de erosão juntamente com os valores obtidos para cada data. Assim temos o gráfico 4 á seguir:

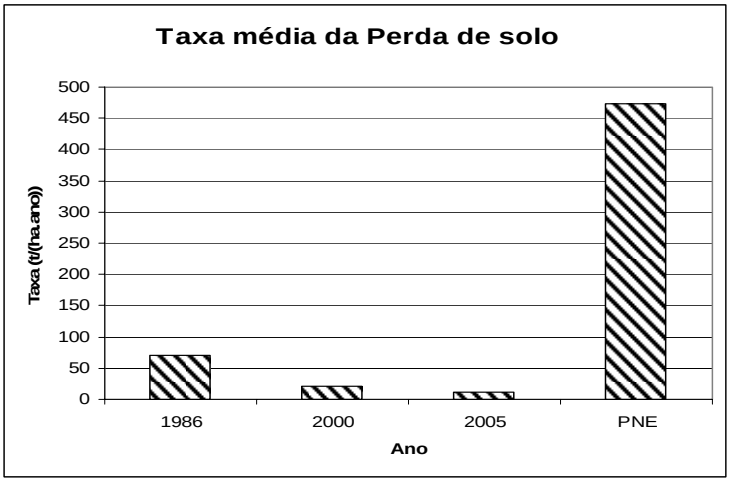

Figura 11 – Comparação da PNE para taxa média de perda de solo para cada ano.

Pode se notar claramente que realmente os vários tipos de cobertura contribuem para a redução da taxa de perda de solo.

5. CONCLUSÃO

A determinação dos fatores relacionados à cobertura do solo foi feita utilizando as imagens de satélite, assim essas podem sofrer certas influências que devem ser levadas em consideração, por exemplo, a época de aquisição das imagens. Desta forma, é necessário levar em conta o fato de o período ser chuvoso ou de seca, bem como se esse período está enquadrado nos períodos de anos secos ou úmidos. Isso influencia diretamente na resposta espectral da cobertura vegetal, onde temos que, quanto maior o teor de água no vegetal, maior radiação absorvida, o que diminui a reflectância e faz com que as áreas que contém vegetação sejam mais escuras na imagem.

Pode se notar essa variação também ocasionada pelo fato que não se ter um sensor no satélite CBERS que seja correspondente a banda 5 do LANDSAT, que é justamente e banda deste sensor possuem uma alta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse hídrico na vegetação. Esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer chuva antes da obtenção da cena pelo satélite.

Assim, com base nos valores obtidos, temos que a perda de solo média na área de estudo, apresentou um valor coerente, visto o tipo de solo, declividade e o regime de chuvas dentro da região. Porém, apresentaram variação grande, devido à classificação supervisionada, e as diferenças entre os sensores, TM, ETM+ e CCD de cada satélite.

BIBLIOGRAFIA

ANA – Agência Nacional das Águas – URL: www.ana.gov.br/. Consultado em 08/2006

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F., *"conservação do solo"*. São Paulo: ícone, 1990. 355p.

CARRERA-FERNANDEZ, J. et al. *"Economia dos Recursos Hídricos"*, Editora da Universidade Federal da Bahia, 2002, 457p.

COSTA, I.G.D.D.(2005). *"Análise multitemporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto Sapucaí - MG, utilizando SIG e sensoriamento remoto"*. Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica UNIFEI/FAPEMIG, Instituto de Recursos Naturais, curso de Engenharia Hídrica, 51 p.

DOMINGOS, J. L. *"Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica"*, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo , monografia para obtenção do título de bacharel em geografia, Vitória – ES, 2006

ELLISON, W.D. *"Soil Erosion Studies. Part. 1. Agricultural Engineering"*, 1947, v.28, n.4, p.145 - 146.

EMBRAPA SOLOS – URL: http://www.cnps.embrapa.br/. Consultado em 9/2006

FERNANDES, D. O., *"Erodibilidade de materiais inconsolidados da bacia do ribeirão samambaia (Região de São Pedro – SP)"*, Escola de engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, dissertação para obtenção do título de mestre em geotecnia, São Carlos – SP, 2003.

HIDROWEB – http://hidroweb.ana.gov.br/

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – http://www.ibge.gov.br/. Consultado em 08/2006

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – http://www.inpe.br/. Consultado em 04/2006

LAL, R. *"Erodibility and erosivity. In: LAL, R. Soil erosion research methods"*. Wageningen, Netherlands: Soil and Water Conservation Society/International Soil Science Society, 1988. p.140-160. ISBN 0-935- 73418-X.

LILLESAND, T. M. (1979). *"Remote sensing and image interpretation"*, 3º Edição, Editora John wiley & sons, inc,1994,746p.

MEDEIROS, J.S.; CÂMARA, G. *"GIS para estudos ambientais"*. In: CÂMARA, G. et al. Introdução a ciência da geoinformação (livro on-line). 2003. http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf. Consultado em 11/2006

MENDES,C.A.B. & CIRILO, J. A.,*"Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação"*, 1º Edição, Editora ABRH, 2001,536p.

METTERVICHT, O. I. *"Detecting and monitoring land degradation features and processes in Cochabamba Valleys"*, Bolivia. Netherlands: ITC, 1996. p.13-30.

MORGAN, R.P.C. *"Soil erosion and conservation. London: Longman"*, 1995. 198p. ISBN 0-582-24492-7.

NISHIYAMA, L. *"Procedimento de mapeamento geotécnico como base para análises ambientais do meio físico"*, em escala 1:100.000. Aplicação no município de Uberlândia – MG. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos - ESSC/USP. 1998, p. 363.

NOVO,E. M. L. M. (1992). *"Sensoriamento remoto – Princípios e aplicações"*, 2º Edição, Editora Edgard Blücher LTDA, 1995,308p.

RODRIGUES, B. B. *"Inventário e análise de susceptibilidade aos Movimentos de massa gravitacionais e Erosões na região de Águas de Lindóia/SP — Escala 1:10.000"*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

ROSA, R. (1990). *"Introdução a sensoriamento remoto"*, 3º Edição, Editora da universidade federal de Uberlândia, 1995, 117p.

SILVA, M. L. N. et al. *"Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros"*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p. 1207-1220, Jun. 2000. ISSN: 0100-204X.

UNIVERSITY OF MARYLAND – http://glcf.umiacs.umd.edu. Consultado em 04/2006

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D., Predicting Rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p. (USDA. Agriculture Handbook,537)