



Grupo de Estudo de Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos-GMA

IDENTIFICANDO ÁREAS SUSCETÍVEIS A EROÇÃO EM ESTUDOS E PROJETOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E ANÁLISE ESPACIAL

LUIZ ARRUDA DE SOUZA FILHO(1);
ELB(1);

RESUMO

A identificação de áreas suscetíveis à erosão surge como fator prioritário onde a possibilidade de desbarrancamentos é prejudicial tanto para os empreendimentos quanto ao meio ambiente. Ao mesmo tempo, técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto estão cada vez mais voltados para a análise e gestão de sistemas ambientais.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo abordar as principais características e elementos referentes ao processamento de dados espaciais e sua utilização em sistemas de informação geográfica – SIG, na identificação de áreas suscetíveis a erosão, utilizando o modelo matemático da Equação Universal de Perdas de Solos – EUPS, de modo a auxiliar os diversos processos ambientais nos empreendimentos de Linhas de Transmissão.

O tema surge pela possibilidade da aplicação de técnicas de geoprocessamento como ferramenta de apoio na obtenção de informações para análise e tomada de decisão em projetos ambientais em Linhas de Transmissão.

PALAVRAS-CHAVE

EUPS, Álgebra de Mapas, Análise ambiental, Geoprocessamento, SIG

1.0 - INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como proposta a utilização da Equação Universal de Perda de Solos – EUPS (*Universal Soil Loss Equation* – USLE) na identificação de áreas suscetíveis a erosão em estudos e projetos de linhas de transmissão, fazendo uso de técnicas de geoprocessamento na obtenção dessas respostas.

A EUPS começou a ser utilizada no final da década de 1950 nos Estados Unidos pelo “Serviço de Conservação dos Solos Norte Americano”. Trata-se de um modelo equacional empírico que trabalha variáveis determinantes à erosão de solos. Tal modelo foi desenvolvido por Wischmeier e Smith e é representado na Equação 1.

$$A = [R \times K \times (LS) \times (CP)] \quad (1)$$

Onde:

- “A” é a estimativa de perdas de solo, medidas em t/ha/ano;
- “R” corresponde ao fator erosividade, sendo o índice de erosão causado pela chuva em MJ/ha.mm/ha;
- “K” é o fator erodibilidade dos solos, que relaciona a propensão daquele determinado tipo de solo;
- “LS” é o fator comprimento e declividade da encosta, medido em metros e,
- “CP” são os fatores uso e manejo do solo, discriminando a forma de utilização do solo e cultura vigente, também considerando todas as práticas conservacionistas feitas na região.

No Brasil, trabalhos pioneiros sobre o modelo de perdas de solo foram desenvolvidos por Bertoni et al, fazendo do uso das variáveis e aplicando-as no estado de São Paulo.

Atualmente, sua aplicabilidade ocorre de modo mais intenso em estudos de bacias hidrográficas, sendo um instrumento importante de gestão e monitoramento de processos naturais. Também podem ser encontrados estudos sistemáticos que lidam com sua utilização em projetos ligados a planejamento ambiental além de gestão de recursos naturais. Com o advento da tecnologia computacional e suas facilidades, assim como a obtenção dos dados que compõem a equação, houve uma melhoria significativa em seu uso e aplicação.

2.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da Área em Estudo

Localizada na divisa entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, a LT Anta/Simplício/Rocha Leão é uma linha de Transmissão de 138 kV onde o primeiro trecho, a LT Anta/Simplício, se encontra em circuito simples, com interesses restritos que interliga a subestação de Anta à Usina Hidrelétrica de Simplício, ambas de responsabilidade da empresa Eletrobras Furnas.

Já a outra constituição, em circuito duplo (LT Simplício/Rocha Leão), interliga a Usina de Simplício à subestação de Rocha Leão, esta última de propriedade da Eletrobras Furnas.

A linha de transmissão possui uma extensão de aproximadamente 150 quilômetros, desde seu início na Subestação Anta até a Subestação final de Rocha Leão, que se liga à rede básica de distribuição de energia elétrica.

Seu traçado percorre os municípios de Chiador, Além Paraíba, no estado de Minas Gerais, Sapucaia, Sumidouro, Duas Barras, Bom Jardim, Trajano de Moraes, Macaé e Rio das Ostras, no estado do Rio de Janeiro, conforme observado na Figura 1.

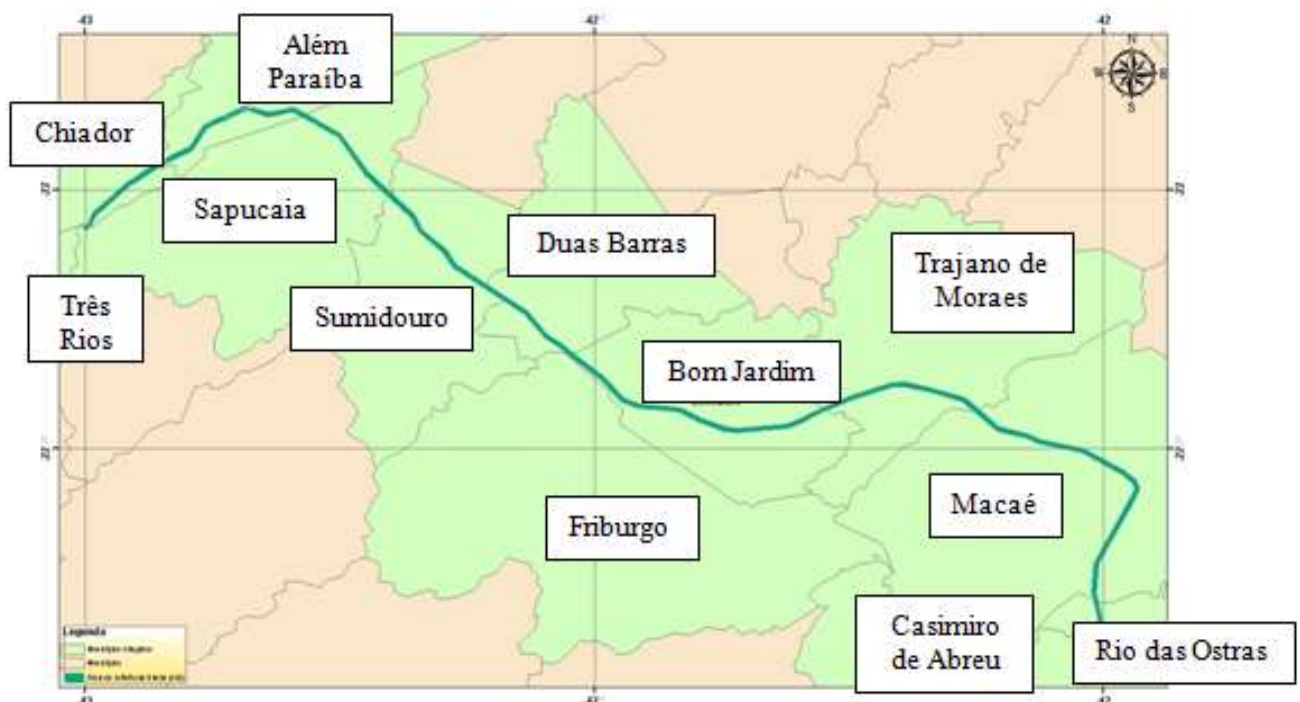


FIGURA 1 – Localização da Linha de Transmissão Anta/Simplício/Rocha Leão

2.2 Aquisição de Dados

Os dados que subsidiaram este trabalho foram baseados nas variáveis necessárias para o cálculo da EUPS, obtidas através de arquivos disponibilizados na web gratuitamente em instituições governamentais, tais como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Agência Nacional de Águas - ANA e Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e em dados da própria Eletrobras Furnas.

Estes dados extrapolam os limites da linha de transmissão, envolvendo toda uma região em que se encontram inseridas. Porém, para as análises envolvidas neste trabalho, foi limitada apenas a área de influência direta da linha de transmissão, compreendendo uma sua faixa 25 metros para cada lado do seu eixo, perfazendo 50 metros de largura.

Os valores obtidos na determinação da variável “R”, de erosividade, que é o valor correspondente ao índice de erosão causado no solo em decorrência da ação pluvial, foram extraídos a partir de dados pluviométricos e climatológicos disponibilizados através do Sistema de Informações Hidrológicas - Portal Hidroweb - da ANA e Sistema de Monitoramento Agro meteorológico – Agritempo – da Embrapa. Foram pesquisadas as médias entre os anos de 1980-2010.

As estações meteorológicas escolhidas neste estudo encontram-se no entorno da Linha de Transmissão e, de posse das informações das médias mensais das chuvas e da média anual, foi realizada uma interpolação utilizando o modelo de ponderação a partir do inverso da distância, (ou IDW), permitindo, assim, produzir uma espacialização do índice de erosividade por chuvas a partir dos dados das estações.

Com isso, foi gerado um arquivo *raster* contendo as informações em uma simbologia adequada para o índice de erosividade na região, como pode ser observado na Figura 2 a seguir.

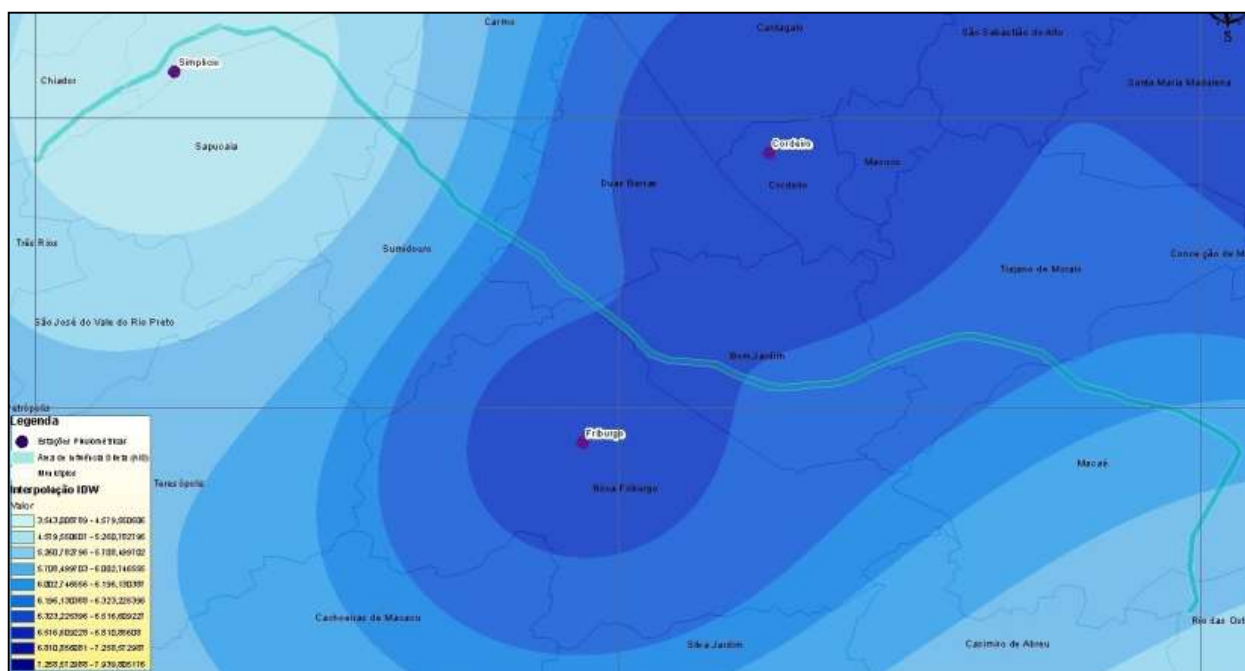


FIGURA 2 – Erosividade pela Ação Pluvial

Para determinação do fator R, foi levada em consideração a Equação 2.

$$R = 6,886 \times \left(\frac{r^2}{P}\right) \times 0,8 \quad (2)$$

Sendo: “r” a Precipitação Média Mensal (mm) e “P” a Precipitação Média Anual (mm).

A variável "K" refere-se à susceptibilidade de solos à erosão, ou seja, os diferentes tipos de solos podem se erodir com maior ou menor facilidade em função de suas características constituintes, tanto de ordem química, física como em sua morfologia. A obtenção destes valores ocorreu através da intersecção de dois tipos de dados.

Primeiramente, foram determinadas as tipologias de solo que compreendem a região, realizando-se a vetorização da carta de reconhecimento de solos do Estado do Rio de Janeiro e Minas Gerais.

A etapa seguinte consistiu na aquisição dos valores de erodibilidade para os diferentes tipos de solo ocorrentes na região de estudo, utilizando algumas fontes disponíveis em publicações atuais. Tais valores podem ser observados na Tabela 1, juntamente com as suas fontes de consulta.

Tabela 1 – Valores de Erodibilidade do Solo

<i>Solo original</i>	<i>Valor K (t/h/mj.mm)</i>	<i>Fonte</i>
CXbe	0,0441	Ribeiro e Alves (2007)
CXbd	0,0115	Denardin e Silva et al. (apud CECÍLIO, 2008)
LVAd	0,0200	Ribeiro e Alves (2007)
LAx	0,0150	Ribeiro e Alves (2007)
PVAd	0,0270	Marques (1996)
Rube	0,0420	Ribeiro e Alves (2007) e Freitas et al. (2007)

Os fatores "L" e "S" resultam do comprimento de rampa e a inclinação de encosta, imprescindível na determinação de erosão do solo no terreno.

A declividade foi obtida a partir da extração de curvas de nível e modelos hipsométricos da Missão Topográfica *Radar Shuttle* (SRTM) da NASA, fornecidas pela Embrapa.

A partir do modelo de interpolação em ambiente computacional, foi feita a geração de curvas de nível, o que nos possibilita obter a variável de declividade da equação.

A partir da equação 3 proposta por Bertoni et al, temos:

$$LS = 0,00984 \times C^{0,63} \times D^{1,1} \quad (3)$$

Onde:

- "LS" é o Fator Topográfico,
- "C" o comprimento de rampa (em metros) e,
- "D" a declividade (%).

Para o Comprimento de rampa "C", foi utilizado o método do retângulo para calcular o índice de extensão média de escoamento sobre os terrenos. Para isso, a partir do modelo SRTM, foi extraído as sub-bacias na região de estudo, para o cálculo do comprimento, sendo utilizada a equação 4.

$$C = \frac{A}{4} \times l \quad (4)$$

Onde "A" é a Área da bacia, em m² e "l" o somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia (m).

Para a declividade "D", foi considerado o valor médio em cada sub-bacia, obtido a partir da média resultante do modelo SRTM. As classes de declividade utilizada foram 0 - 2%, 2% - 5%, 5% - 8%, 8% - 10%, 10% - 15%, 15% - 20%, 20% - 25%, 25% - 30%.

Com isso, foi calculado o fator "LS" em cada região do estudo. A Figura 3 apresenta a declividade da região do empreendimento.

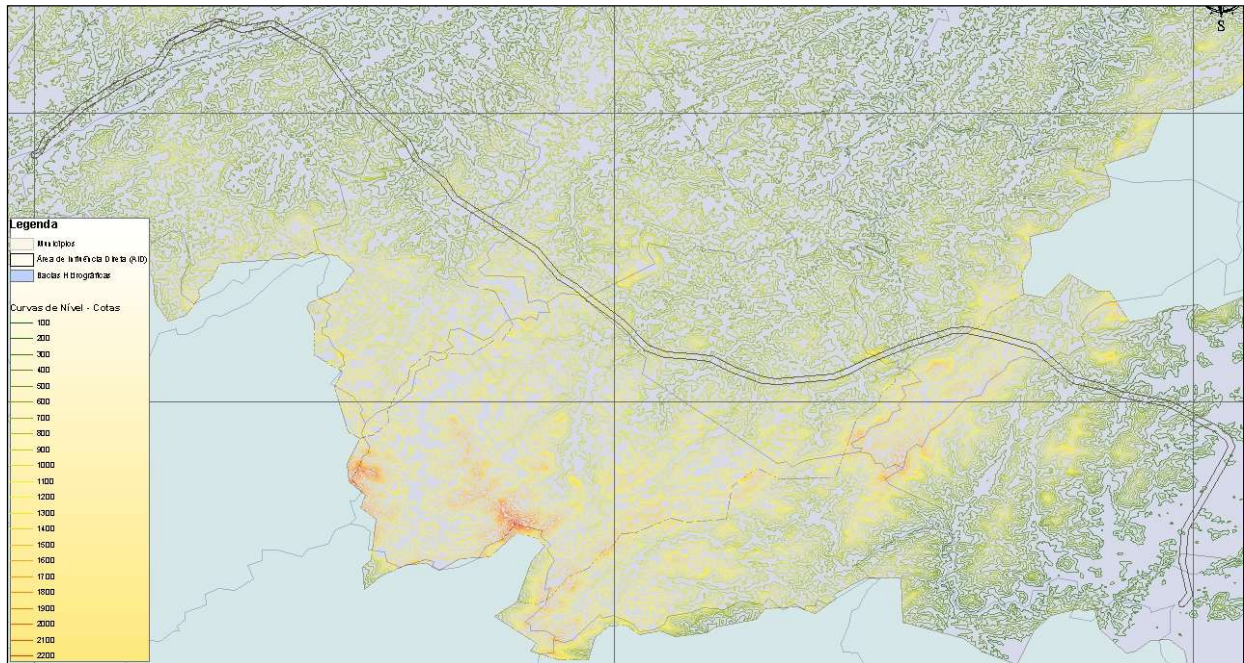


FIGURA 3 – Declividade Demonstrada na Extração das Curvas de Nível da Região do Empreendimento

As variáveis “C” e “P” caracterizam o uso e manejo do solo da região, onde as práticas de conservação do solo são fatores preponderantes para auxílio na determinação de erosão dos solos.

Os dados referentes às condições de uso e manejo foram obtidos a partir de dados produzidos pela Eletrobras Furnas para estudos socioeconômicos, como subsídio a análises ambientais e, com fontes de literatura, obtiveram-se os valores de Cobertura, (Tabela 2), culminando na elaboração do mapa das variáveis “CP”.

Tabela 2 – Valores de Erodibilidade por Manejo

CLASSE	VALOR C	FONTE
Agricultura	0,2	Stein et al. (apud BRITO et al., 1998)
Corpos D'água	0	
Floresta Estacional Semidecidual Montana	0,012	Bertoni et al.
Floresta Estacional Semidecidual submontana	0,012	Bertoni et al.
Floresta Ombrófila Densa montana	0,012	Bertoni et al.
Floresta Ombrófila Densa submontana	0,012	Bertoni et al.
Florestamento / Reflorestamento	0,008	Fernandes (2008)
Influência Urbana	0	
Pecuária (Pastagem)	0,025	Bertoni et al.
Savana Florestada	0,042	Farinasso et al. (2006)
Vegetação Secundária Inicial	0,018	Farinasso et al. (2006)



FIGURA 4 – Mapa de Aptidão Agrícola na Faixa de Servidão

2.3 Metodologia de Cálculo

Álgebra de Mapas é um recurso utilizado em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto que denota um conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno).

Na prática, essas fontes de informação referem-se a conjuntos matriciais organizados geograficamente. Esses conjuntos, dada à coincidência posicional das informações devido ao posicionamento geográfico, possibilitam a realização de cálculos aritméticos bem como a aplicação de algoritmos e funções matemáticas específicas.

A figura a seguir ilustra a metodologia de álgebra de mapas.

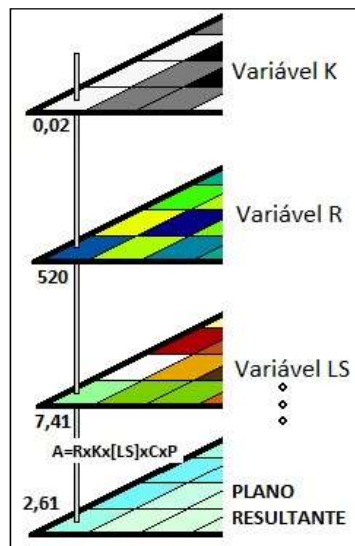


FIGURA 5 – Mapa de Aptidão Agrícola na Faixa de Servidão

As variáveis calculadas nesse estudo resultaram em “planos” de informação *raster*, onde cada célula possui um valor referente ao índice calculado relativo a sua localização espacial.

Com isso, através do recurso computacional da Álgebra de Mapas, foi possível aplicar a EUPS – Equação Universal de Perda de Solos e, com isso, obter um “plano resultante”, onde cada célula reflete o valor potencial de erosão, obtendo um mapa com as regiões de maior ou menor propensão a erodibilidade.

3.0 - RESULTADOS E CONCLUSÕES

Como resposta, a partir do processamento feito pelo recurso da álgebra de mapas e com a EUPS, com as variáveis de erosão pela chuva (R), suscetibilidade de erosão do solo (K), topografia (LS) e fatores antrópicos (CP), foi possível produzir um mapa resultante que mostra as regiões com maior ou menor suscetibilidade a erosão ao longo da faixa de servidão da linha de transmissão, permitindo sua visualização através de uma gradiente de cores, classificando desde uma suscetibilidade fraca (escala em verde) a muito forte (escala em vermelho), conforme mostrado na figura 6 a seguir:

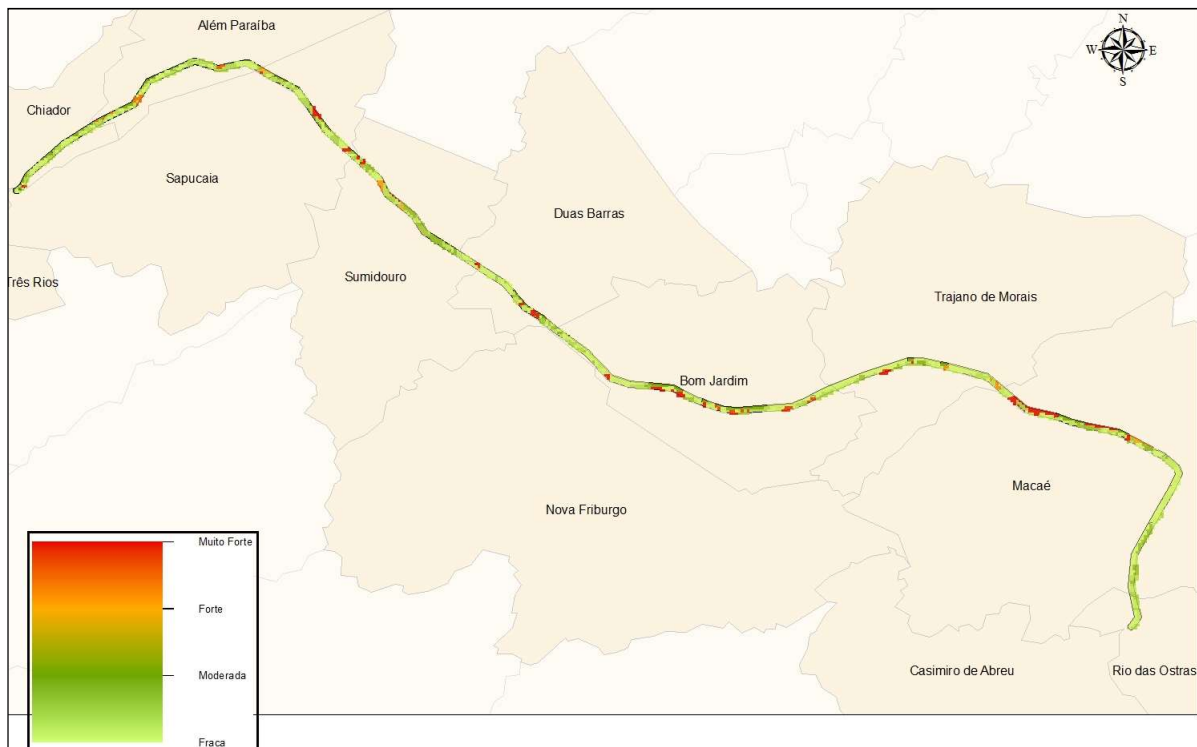


FIGURA 6 – Mapa Resultante de Suscetibilidade a Erosão para a Faixa da LT

A integração entre os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) e a modelagem preditiva, a exemplo modelo da EUPS – Equação Universal de Perda de Solos apresenta grande importância na modelagem de áreas extensas, como linhas de transmissão, e auxilia na avaliação fenômenos naturais, promovendo uma rápida análise ambiental, sob os aspectos quantitativo e qualitativo.

No caso específico deste estudo, utilizando dados secundários obtidos a partir de fontes oficiais governamentais e, com a aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial (álgebra de mapas), foi possível obter um mapa com a identificação de regiões com maior suscetibilidade a erosão ao longo da faixa de domínio da Linha de Transmissão.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses. Guide to Conservation Farming. US Department of Agriculture Handbook, n.537, 1978, 58p.

(2) Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do Solo. São Paulo: Ícone. 2005. 352 p.

(3) Moreira, M.R.; Rosa, R. Avaliação de Perdas de Solo por Erosão Laminar no Município do Prata – MG. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: < www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposioerosao/textos/T083.rtf>. Acessado em: 10 de março de 2011.

(4) Silva, R.M.; Paiva, F.M; Santos, C.A.G. Análise do Grau de Erodibilidade e Perdas de Solo na Bacia do Rio Capiá Baseado em SIG e Sensoriamento Remoto. Revista Brasileira de Geografia Física. Pernambuco. Vol2. 01 de abril de 2009, 26-40.

(5) ANA. Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acessado em: 02 de abril de 2011.

(6) AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: < <http://www.agritempo.gov.br/>>. Acessado em: 10 de setembro de 2011.

(7) EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1981, 100 p.

(8) Cecílio, R.A. Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS ou USLE, em inglês). Disponível em: <<http://www.nedtc.ufes.br/prof/Roberto/disciplinas/manejo/USLE.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2011.

(9) EMBRAPA. Brasil em Relevô. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>>. Acessado em: 5 de junho de 2011.

(10) Câmara, G., Monteiro, A. M., Davis, C., 2004, Geoprocessamento: Teoria e Aplicações. Disponível em: www.dpi.inpe.br/gilberto/livro. Acessado em: 20 de setembro de 2011.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Luiz Arruda de Souza Filho

Natural do Rio de Janeiro

Engenheiro Cartógrafo pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

M.Sc. Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ

Engenheiro Cartógrafo pela Eletrobras Furnas

Atualmente na Engenharia da Transmissão da Eletrobras