



## Avaliação do cálculo de erosividade em escala regional com o auxílio de geoprocessamento na Serra de Baturité - CE

Erosivity calculation assessment on a regional scale with support of GIS in Mountain Baturité - CE.

BATISTA<sup>1</sup>, C. T.; VERÍSSIMO<sup>2</sup>, C. U. V.; SANTOS<sup>3</sup>, M. P.

batista.ct@hotmail.com

### Resumo

O processo de remoção de uma camada delgada e uniforme do solo, provocada por escoamento difuso das águas pluviais é chamado de erosão laminar e está diretamente associado com a estabilidade das encostas. A erosividade é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção e sua ação depende da intensidade, duração e frequência das chuvas. O método mais utilizado no mundo para quantificar as perdas de solo é a Equação Universal de Perdas de Solo ou USLE (*Universal Soil Loss Equation*), cuja fórmula inclui a estimativa ou cálculo do fator Erosividade, R. A USLE é empregada para quantificar a perda de solos em áreas pequenas, compatíveis com o uso agrícola e sua variação ao longo do ano permite identificar a melhor época para se estabelecer práticas de manejo e conservação do solo. Em avaliação de áreas maiores, a USLE permite apenas avaliar qualitativamente os diferentes graus de susceptibilidade à erosão de áreas homogêneas identificadas, não devendo ser empregada para quantificar a perda de solos por erosão laminar e sendo necessário o uso de ferramentas de geoprocessamento, como interpolações e álgebra de mapas para complementar a análise em nível regional.

**Palavras-chave:** Erosão, Interpolação, Mapeamento.

### 1. INTRODUÇÃO

A região que constitui o objeto de pesquisa deste trabalho – a Serra de Baturité, abrange uma área de aproximadamente 1.000 (um mil) km<sup>2</sup> (Batista, 2014) e apresenta características naturais bastante distintas de seu entorno semiárido. A mesma atinge níveis altimétricos que alcançam de 600 a 800 m, em média, e excepcionalmente, algumas cristas superam a cota de 1.000 m, como o caso o Pico Alto, no município de Pacoti (Figura 1).

A pluviosidade nessa região ultrapassa 1.500 mm/ano na zona de cimeira e nas vertentes orientadas a leste (barlavento), e ficam em torno de 700 mm/ano na vertente oeste (sotavento). Essas

### Abstract

The process of removing a thin, uniform layer of soil, caused by diffuse stormwater runoff is called sheet erosion and is directly associated with the stability of slopes. The erosivity is a numeric index that expresses the rain ability to cause erosion in an area unprotected and its action depends on the intensity, duration and frequency of rainfall. The most widely used method in the world for quantifying soil losses is the Universal Loss Equation Solo or USLE (*Universal Soil Loss Equation*), whose formula includes an estimate or calculate the erosivity factor, R. The USLE is used to quantify the loss of soil in small areas, consistent with agricultural use and its variation throughout the year identifies the best time to establish management practices and soil conservation. Evaluation of larger areas, the USLE allows only qualitatively evaluate the different degrees of susceptibility to erosion identified homogeneous areas and should not be used to quantify the loss of laminar erosion soils and requiring the use of geoprocessing tools, as interpolations and map algebra to complement the analysis at the regional level.

**Keywords:** Erosion, Interpolation, Mapping.

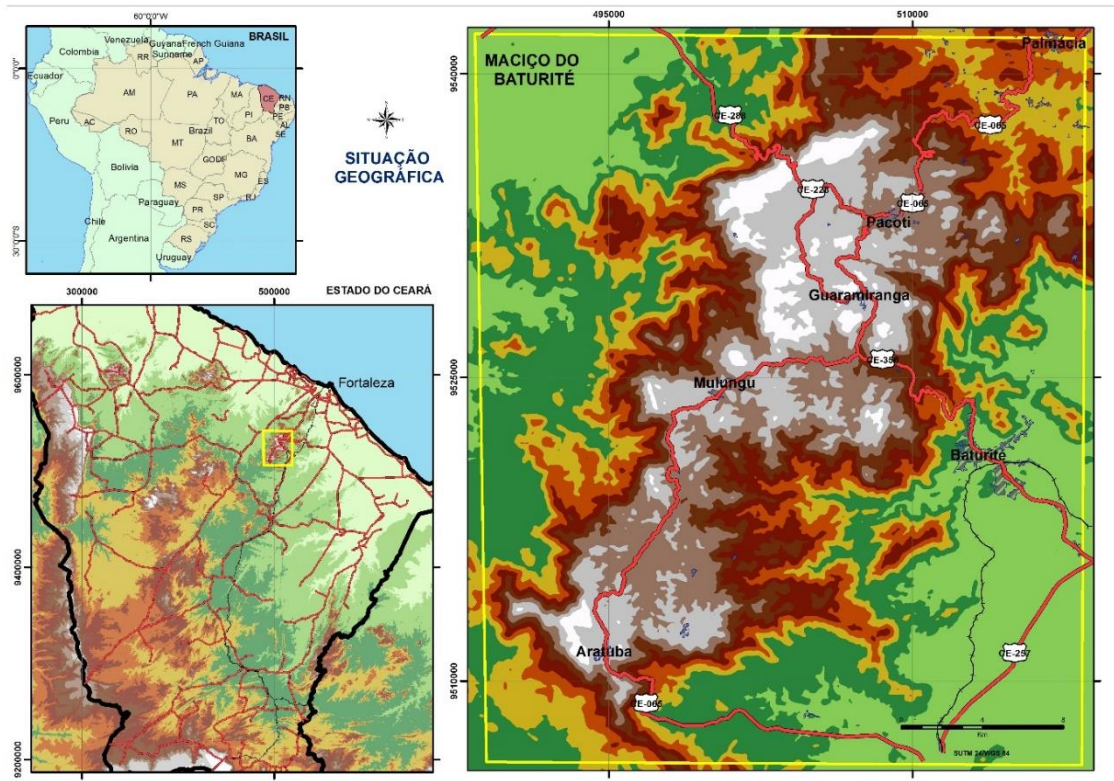
<sup>1</sup>Clístenes Teixeira Batista, Departamento de Geografia/Laboratório de Geoprocessamento e Geografia Física (LAGGEF), UFRN, Caicó-RN, Brasil.

<sup>2</sup>César Ulisses Vieira Veríssimo, Departamento de Geologia/Laboratório de Geotécnica e Prospecção Geoquímica (LAGETEC), UFC, Fortaleza, CE, Brasil.

<sup>3</sup>Marinalva Pereira dos Santos, Graduada em Geografia, UFRN, Caicó-RN, Brasil.

diferenças pluviométricas, associadas às diferentes tipologias litológicas, promovem a modelagem do relevo e a formação de solos de acordo com a exposição às chuvas e com os litotipos subjacentes.

Ab' Sáber (1985) denomina a serra do Baturité oriental como “um “brejo” de encosta ou vertente de serra ou maciço antigo, por se tratar de uma área diferenciada apresentando maior umidade, vegetação mais densa, temperaturas mais amenas e, sobretudo, totais pluviométricos elevados em relação ao sertão nordestino. Conclui-se que, a serra do Baturité é um ambiente no qual a água tem presença constante que proporciona intensidade dos processos erosivos.



**Figura 01.** Localização da área de estudo. **Fonte:** Batista (2014)

A Serra de Baturité apresenta encostas com declividade superior a 45% (Figura 2), modeladas principalmente em paragnaisse, xistos e quartzitos, que formam o substrato rochoso de Argissolos Distróficos e Neossolos Litólicos. Os primeiros predominam na vertente a barlavento e os Neossolos, na vertente a sotavento. No sopé da serra, ocorrem principalmente Luvisolos e Argissolos Eutróficos.

Nas encostas, no topo e sopé da Serra de Baturité, o volume de chuva que atinge o solo é bastante diferenciado, dependendo de vários fatores, como a orientação das vertentes, a altitude e o tipo de cobertura vegetal. Trata-se, portanto, de uma região que apresenta grande heterogeneidade litológica, geomorfológica e pluviométrica que, por sua vez, gera uma relação direta com os processos atuantes de formação e erosão dos solos.

O principal agente deflagrador dos processos erosivos em encostas é a água pluvial, que pode apresentar pressão positiva ou negativa e estar em movimento ou não (hidrostática) sob condição de fluxo. As propriedades de fluxo de água, como a condutividade hidráulica, o índice de vazios e a

capilaridade do solo, além da intensidade e da duração das chuvas determinam o avanço da água de chuva que infiltra no solo, a chamada "frente de saturação".

Quando a chuva acaba, ocorre uma redistribuição da água no subsolo, aumentando o teor de umidade. Se houver mais um episódio de chuva, a frente de saturação avançará mais rapidamente, porque com maior teor de umidade, maior condutividade hidráulica. (Carvalho, *op cit*).

Os fluxos de água estão diretamente ligados ao fator climático, através das precipitações e das oscilações térmicas. As condições climáticas chuvosas favorecem a ação de processos de intemperismo químico, que decompõe a rocha podendo gerar grandes espessuras de solo.

No tocante à erosão hídrica desencadeada pelas chuvas, as gotas de chuva ao cair no solo, promovem uma força que é capaz de desagregar partículas, isso é exemplificado quando Bertoni & Lombardi Neto (2014) afirmam que “se o terreno está desnudo de vegetação, as gotas despreendem centenas de toneladas de partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água”. Ainda de acordo com Bertoni & Lombardi Neto (*op.cit.*), quando o solo perde a sua capacidade de infiltração, inicia-se o escoamento superficial e subsuperficial, que transporta todos os sedimentos desagregados.

A erosão não é somente um processo natural, uma vez que pode ser gerada pela interferência antrópica, e nesse caso, é encarada como um problema ambiental, já que os processos erosivos podem causar assoreamentos de corpos hídricos e empobrecimentos dos solos, além de contribuir para a vulnerabilidade de ambientes como as encostas.

Com a inserção das ações antrópicas transformando as paisagens, como a construção de rodovias, cidades e o desenvolvimento de atividades econômicas intensas, os solos passaram a serem mais erodidos, Goudie (1995) *apud* Vitte; Guerra *et al.* (2011) usa a expressão erosão acelerada dos solos para este tipo de processo.

A intensidade, a duração e a frequência das precipitações determinam o potencial da chuva de provocar erosão e é denominada Erosividade ou fator R, um dos fatores que atuam na perda laminar dos solos.

Em relação à quantidade de solo perdido, vários modelos de predição de perda de solo para quantificar a erosão laminar atual e potencial foram elaborados. Um dos mais conhecidos e aplicáveis é a *Universal Soil Loss Equation* (USLE) – Equação Universal de Perda de Solo – desenvolvida por Wischmeier e Smith (1958). Trata-se de uma equação criada para quantificar a perda de solo por erosão laminar em terras agricultáveis, ou seja, áreas pequenas. Segundo Farinasso *et. al* (2006) hoje a USLE pode ser utilizada para áreas em escala regional ou nacional, porém sob uma ótica qualitativa, ou seja, para avaliar, identificar e espacializar áreas com diferentes graus de suscetibilidade à erosão laminar.

Como já mencionado, um dos fatores que constitui a USLE é o fator R (erosividade), ele é definido como um fator ambiental que mostra através de números a potencialidade da chuva e da enxurrada em causar erosão laminar. Para estimar o fator R é necessário obter dados das características

mais significativas da chuva e da enxurrada, elas são: intensidade energia cinética da chuva e volume e taxa máxima de descarga (Moreti *et al.*, 2003).

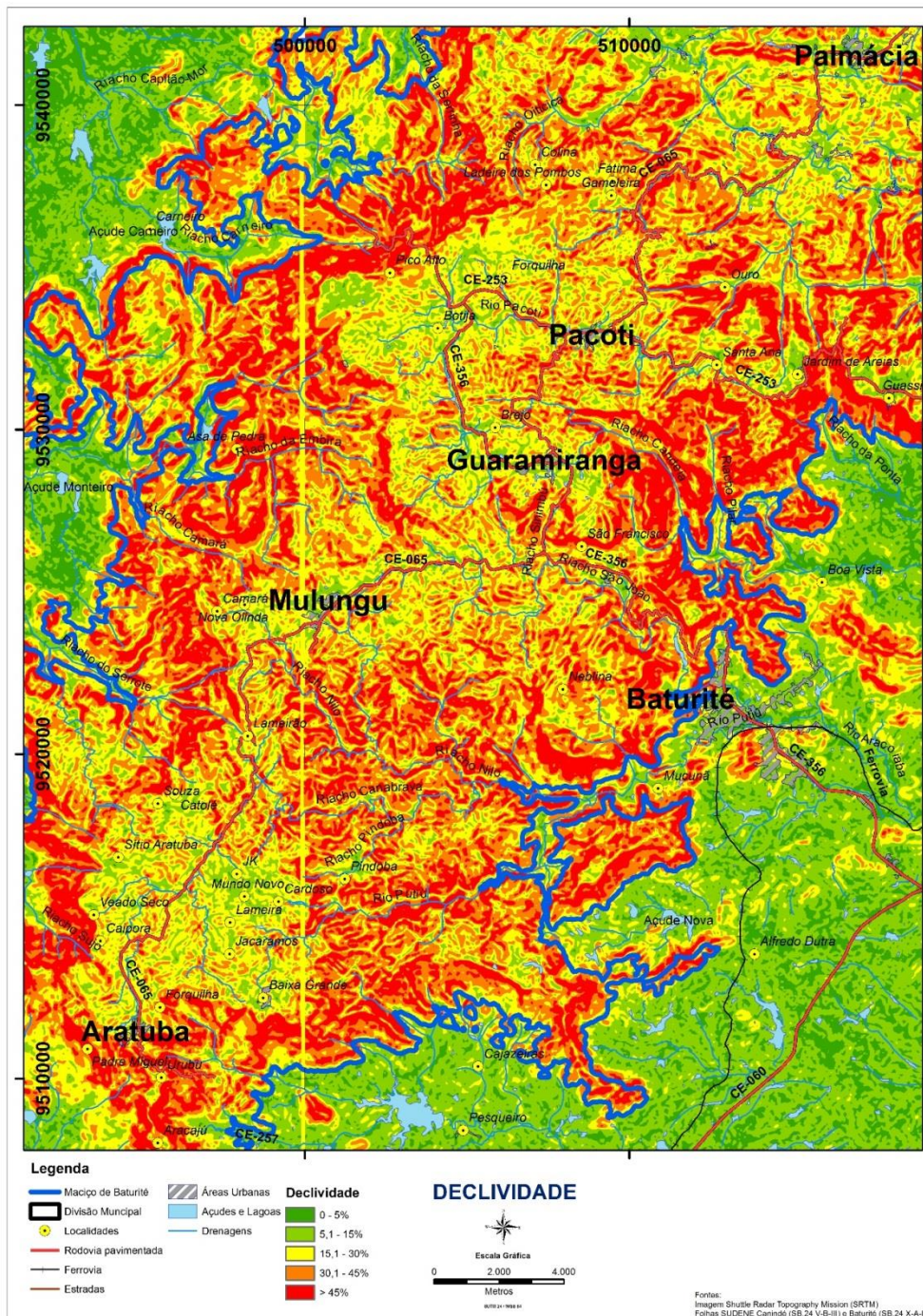


Figura 02. Declividade da Serra de Baturité. Fonte: Batista (2014)

Na literatura do tema, as características mais expressivas nos processos erosivos pela ação da água da chuva são a intensidade e a energia cinética. No entender de Bertoni; Lombardi Neto (2014) a água é um dos agentes da erosão responsável pela perda de consideráveis quantidades de solo.

Este artigo avalia sob a ótica quantitativa e com a utilização de técnicas de geoprocessamento, como interpolação e álgebra de mapas, a capacidade da chuva em causar erosão laminar no Maciço de Baturité (CE), com o objetivo de identificar as áreas de maiores riscos à erosão laminar potencial.

## 2. METODOLOGIA

A etapa inicial deste trabalho consistiu no levantamento bibliográfico e cartográfico da área da pesquisa. Uma série de trabalhos publicados sobre essa temática em algumas cidades da região, entre os quais o de Paes (2004), em Pacoti, Da Silva (2007), em Aratuba, e Mota & Oliveira (2011), em Guaramiranga, serviram de fonte de dados acessórias para uma compilação e aprofundamento do tema num trabalho que compreenda toda a região.

Outra parte do material bibliográfico utilizado, relatórios técnicos e trabalhos acadêmicos em geral, foram obtidos pela internet, em *sites* de instituições públicas e privadas, de universidades, de revistas eletrônicas e bibliotecas virtuais.

Para a elaboração do mapeamento básico e temático foram utilizadas as cartas topográficas em meio digital da DSG/SUDENE - Folhas Baturité SB.24-X-A-I e Canindé SB.24-V-B-III, além de imagem do satélite LANDSAT7/ ETM, de resolução de 30 metros, cena 217-063 de 22/04/2002.

Foram utilizados também imagens de radar interferométrico da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), da NASA, refinados pelo projeto TOPODATA, do INPE e arquivos digitais nos seguintes formatos: *shapefile* (SHP), DWG, DXF, GeoTiFF e ESRIGRID.

Os ensaios de erosividade visam quantificar e qualificar os dados de perdas de solo por erosão laminar com base nas informações pluviométricas. O método mais utilizado em todo mundo para quantificar as perdas de solo é a Equação Universal de Perdas de Solo ou USLE (*Universal Soil Loss Equation*), desenvolvida por Wischemeier & Smith (1978) e expressa pela seguinte fórmula:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Onde:

**A** = média anual de perda de solo: dado em em t/ha.ano;

**R** = fator de erosividade em MJ.mm/ ha.h.ano: é afetado pela energia potencial, pela intensidade, quantidade da chuva e pelo *run-off*;

**K** = fator de erodibilidade do solo em t.h/ MJ.mm: é afetado pela textura, pela matéria orgânica, pela estrutura e pela permeabilidade;

**LS** = fator topográfico: é afetado pela inclinação em %, pelo comprimento da rampa em m e pela forma do talude (côncavo ou convexo);

**C** = fator de manejo de culturas: é afetado pela superfície de recobrimento, pelo dossel, pela biomassa, pelo uso de solo e pelo tipo de cobertura vegetal;

**P** = fator de práticas de proteção e manejo do solo: é afetado pela rotação de culturas, pelo tipo de proteção do solo, pelas barreiras, pelo *mulch* para recobrir o solo, pelas biomantas, pelos terraços e pelas técnicas de proteção do solo.

Segundo Baptista (2003), a USLE é empregada com bons resultados para quantificar a perda de solos em áreas pequenas, compatíveis com o uso agrícola e a variação ao longo do ano do fator R na equação permite estabelecer a melhor época para se estabelecer práticas de manejo e conservação do solo.

Em avaliação de áreas maiores, a USLE permite apenas avaliar qualitativamente os diferentes graus de susceptibilidade à erosão de áreas homogêneas identificadas, não devendo ser empregada para estimar ou quantificar a perda de solos por erosão laminar e sendo necessário o uso de ferramentas de geoprocessamento para complementar a análise em nível regional.

A adoção de técnicas de geoprocessamento, como interpolações e álgebra de mapas, na modelagem matemática da erosão laminar pressupõe a validação dos dados através da geração de informações coletadas em campo, a fim de calibrar o modelo elaborado pelo geoprocessamento com os parâmetros da USLE (Baptista, *op. cit.*).

Salienta-se também, que o método USLE atende apenas ao levantamento de áreas suscetíveis à erosão laminar, enquanto os focos de erosão linear devem ser identificados com base em outros critérios, como curvatura e declividade das vertentes, textura e granulometria do material inconsolidado e as formas de uso e ocupação do solo.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1993) *apud* Baptista (2003), a erosividade é o resultado da combinação entre a energia cinética da chuva e sua intensidade máxima em 30 min. ( $I_{30}$ ), expressa por:

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \cdot \log I \quad (2)$$

Onde:

$E_c$  = energia cinética em MJ/ha.mm;

$I$  = intensidade do evento pluviométrico em mm/h.

Em função da dificuldade de se obter registro de intensidade de chuva (registros de pluviógrafos), o cálculo da erosividade pode ser obtido com o uso de dados pluviométricos como o

coeficiente de chuvas (3) e equações de regressão obtidas na bibliografia para a estimativa do índice de erosividade.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (2014), Wischmeier (1959) concluiu que o melhor estimador para o fator R seria a energia cinética da chuva (E) com intensidade (I) máxima de 30 minutos ( $EI_{30}$ ), expressa por (4).

Outros autores (Lopes e Brito, 1993 e Bertoni & Lombardi Neto, 1993) confirmam em diversos estudos que esse índice é o que mais se adequa a realidade intertropical (Baptista, 2003).

$$EI_m = p^2/P \quad (3)$$

Onde:

$EI_m$  = coeficiente de chuva média mensal em mm;  
 p = precipitação média mensal em mm;  
 P = precipitação média anual em mm.

$$EI_{30} = 67,355 (EI_m)^{0,85} \quad (4)$$

Onde:

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

Segundo Carvalho *et. al.* (2004), Lombardi Neto (1977) estabeleceu como critério para a seleção das chuvas individuais erosivas, todas de 10,0mm ou mais, ou aquelas menores do que isso, mas que proporcionaram significativas enxurradas.

A erosividade média anual é maior quanto maior a precipitação média anual e quanto maior for a variabilidade da chuva ao longo do ano. Nas regiões tropicais, mais de 40% das chuvas são consideradas erosivas, enquanto nas regiões de clima temperado, esse percentual é em torno de 5% (Waltrick, 2010).

Com isso, denota-se que a Serra de Baturité, um enclave subúmido no semiárido nordestino, que por definição, é uma zona de ocorrência de chuvas irregulares e intensas, apresenta grande potencial de ocorrência de chuvas erosivas.

Carvalho (1994) propôs uma hierarquização dos índices de erosividade em tm.mm.ha.ano, conforme o Quadro 11. A conversão do sistema internacional (MJ.mm/ha.h) para esse sistema métrico é feita pela divisão dos valores de erosividade por 9,81(Alves e Azevedo, 2013).

Tradicionalmente, os levantamentos de erosividade usam dados pluviométricos fornecidos diretamente de estações pluviométricas, muitas delas disponíveis na internet. Esses dados são inseridos em planilhas eletrônicas e calculadas as somas e médias pluviométricas.

**Quadro 01** – Classes de erosividade da chuva média anual **Fonte:** Adaptado de Carvalho (1994) *apud* Paes (2004).

Classes de Erosividade	Valores de R (tm.mm / ha.ano)
1 – Muito Baixa	$R < 250$
2 – Baixa	$250 < R < 500$
3 – Média	$500 < R < 750$
4 – Alta	$750 < R < 1000$
5 – Muito Alta	$R > 1000$

Posteriormente, os resultados são inseridos nas equações de regressão e determinados os índices de erosividade que são apresentados em tabelas, gráficos ou espacializados através de interpolação.

Neste trabalho, optou-se por outra alternativa metodológica com os dados pluviométricos usados na determinação do coeficientes de chuva sendo obtidos a partir dos dados disponibilizados gratuitamente pela organização internacional *Worldclim – Global Climate Data*, em seu site na internet ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)) ou através da página da AMBDATA, (<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/index.php>), da Divisão de Processamento de Imagens (DPI), do INPE.

Esses dados incluem variáveis de temperatura média, máxima e mínima, além de precipitações e variáveis bioclimáticas abrangendo o período entre 1950 a 2000 interpolados em arquivos *raster* ESRIGRID com uma resolução espacial de 30 arco-segundos (~1km).

Os dados das estações climatológicas no mundo de onde se originam as informações climáticas necessárias à espacialização advêm de séries históricas mínimas de dez anos de registro (Sá Junior, 2009).

Os dados referentes ao Brasil foram obtidos por meio da rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em dados das Normais Climatológicas (1961-1990).

Esses dados são gerados a partir da interpolação pelo método *Thin Plate Spline* (TPS) dos dados históricos de 47.554 estações pluviométricas, 24.542 estações com medidas de temperatura média, 14.835 estações com medidas de temperatura máxima e mínima dispersas por todo o globo com variáveis independentes de latitude, longitude e com os dados altimétricos dos arquivos SRTM. (Hijmans *et. al.* 2005).

Notou-se uma grande correlação entre os dados pluviométricos do *Worldclim* com os disponibilizados por outras instituições como CPRM e FUNCEME, o que permite assegurar boa confiabilidade desses dados aos serem submetidos aos procedimentos acima mencionados.

Como os arquivos *Worldclim* são imagens resultantes de interpolação de dados pluviométricos, todas as etapas matemáticas para o cálculo de erosividade puderam ser realizadas diretamente em ambiente SIG através de álgebra de mapas.



O mapa Pluviométrico foi elaborado a partir dos dados disponibilizados pelo *Worldclim – Global Climate Data* ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)). Ao interpolar espacialmente essas variáveis com os dados pluviométricos e de temperatura das estações espalhadas pelo globo, o projeto *Worldclim* gerou grades regulares chamadas de “superfícies climáticas”. O resultado dessa operação foi a geração de 13 zonas climáticas sobrepostas em pelo menos 15° para garantir uma transição suave entre as camadas de informação (Hijmans *et al.*, 2005, Sá Junior, 2009).

Isso permitiu a elaboração de mapas pluviométricos com classes de intervalos regulares de pluviosidade utilizando o mesmo procedimento para a elaboração do mapa de declividade, com o recurso *Reclassify* do *Spatial Analyst*, no ArcGis 9.3.

O mapa de Erosividade resultou da aplicação do coeficiente de chuvas e das equações de regressão  $EI_{30}$  nos arquivos *raster* de pluviometria mensal e anual dos produtos *Worldclim* diretamente em ambiente SIG. Nessa operação foram usadas as ferramentas *Raster Calculator* e *Power*, do *ArcToolBox*, no ArcGIS 9.3

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 – Pluviometria

O principal processo de formação de chuvas na região da Serra de Baturité é orográfico, uma vez que a mesma forma uma barreira natural ao ar úmido que sopra no sentido E-W resultando em maior pluviosidade a barlavento (Batista, 2014).

Nimer (1979) destaca a relevância da topografia para explicar e caracterizar o clima do Nordeste em relação aos períodos secos e chuvosos, pois o relevo funciona como uma barreira física a nuvens carregadas de chuva. Segundo o autor, na serra do Baturité é registrado apenas um mês seco (posto pluviométrico de Guaramiranga). Porém, o autor deixa claro que o relevo do Nordeste por si só não serve para abarcar a explicação da diversidade climática da região.

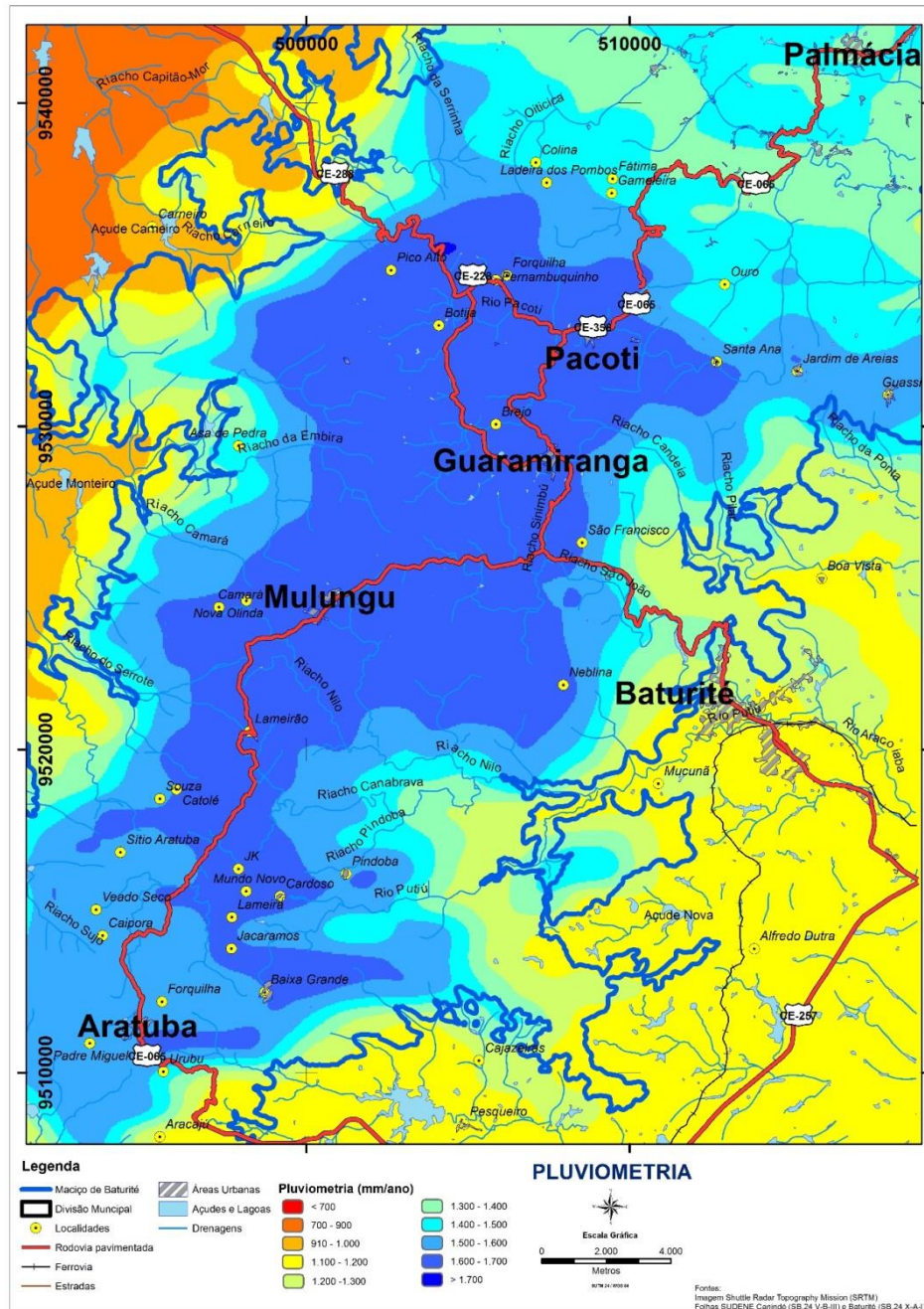
As maiores taxas de pluviosidade ocorrem na zona de cimeira, pois são os locais onde há as maiores precipitações pluviométricas. Já os menores valores, ocorrem nas áreas a sotavento da serra do Baturité. Esta distribuição espacial desigual da chuva é influenciada pela orografia local.

A serra e seu entorno imediato apresentam índices pluviométricos acima de 1.400 mm/ano, embora a vertente a sotavento, nas proximidades de Caridade, esses índices caiam para algo em torno de 700 mm/ano, por outro lado, em uma extensa área a barlavento, as precipitações fiquem em torno de 1.100 mm/ano, corroborando com o predomínio das chuvas de gênese orográfica.

A maior parte do topo da serra apresenta índices na faixa dos 1.600 mm/ano, próximo à Guaramiranga, Mulungu e Pacoti, que registram os maiores volumes de chuva, seguidos por Palmácia e Aratuba, nos limites norte e sul da área de estudo, respectivamente. Esses valores são coerentes com os levantados pelas estações climatológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), como na

estação em Guarimiranga, cuja pluviosidade média anual marca 1.726,8 mm/ano. (INMET, 2009)

No setor oeste da região, observa-se que os índices pluviométricos decrescem já muito próximo à serra, com taxas abaixo dos 700 mm/ano, enquanto que no setor leste, há uma ampla área com índices pluviométricos acima dos 1.000 mm/ano a partir de Baturité (Figura 3).



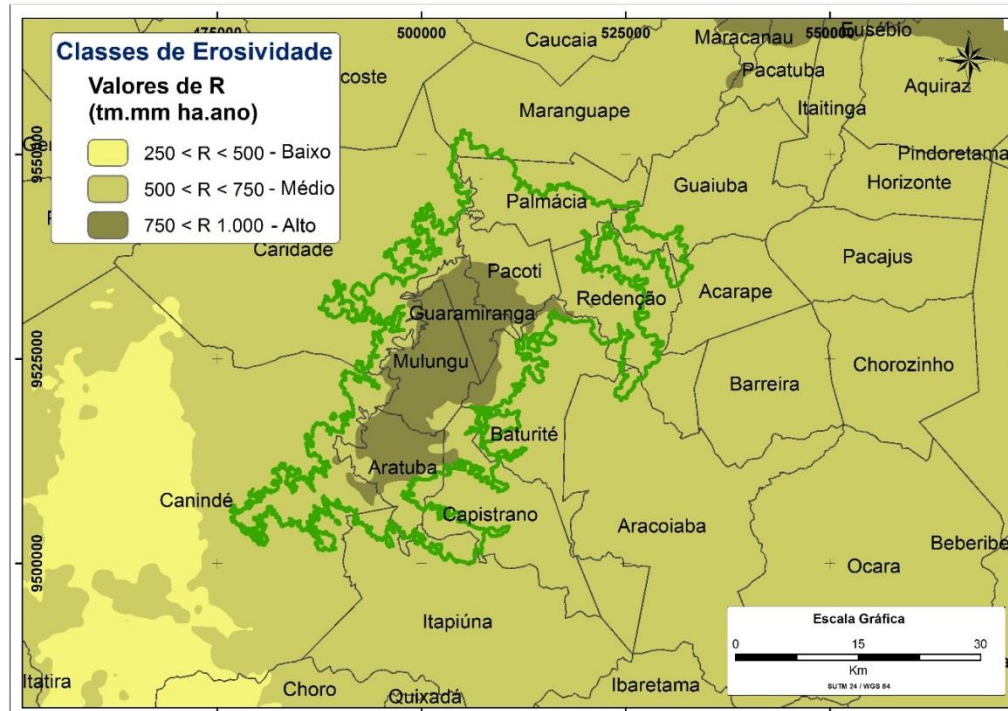
**Figura 03.** Pluviometria da Serra de Baturité. **Fonte:** Batista (2014)

### 3.2 – Erosividade

Apesar da erosividade ser maior na zona de cimeira, a vegetação mais adensada nesse setor é um fator atenuador da erosão, e desse modo, os valores de R na serra de Baturité e seu entorno não

atingem os limites extremos, segundo a classificação de Carvalho (1994), variando entre 500 e 1.000 tm.mm. ha.ano (Figura 4).

A erosividade (R) varia entre 4.500 a 7.700 Mj.mm ha.h.ano, com os menores valores a sotavento da serra e os maiores, entre os municípios de Pacoti, Guaramiranga e Aratuba. Apenas na zona de cimeira os valores de erosividade passam dos 7.500 Mj.mm ha.h.ano, enquanto nas vertentes os valores ficam entre 6.500 e 7.500 Mj.mm ha.h.ano e na depressão periférica, abaixo dos 6.000 Mj.mm ha.h.ano, sendo o setor oeste o que apresenta os menores valores (Figura 5).



**Figura 04.** Classes de erosividade da Serra de Baturité no contexto regional. **Fonte:** Batista (2014)

Em relação à erosão laminar, há uma notória semelhança da distribuição das faixas de isoerosividade na Serra de Baturité com as isoetas pluviométricas comprovam a influência orográfica sobre as chuvas e o controle que a topografia exerce sobre a pluviosidade e a erosividade na região.

A despeito da influência orográfica, o contexto meteorológico em mesoescala que influencia a região, são os sistemas predominantes da região semiárida do nordeste brasileiro – um regime de precipitação temporal irregular com chuvas intensas e de curta duração, que resulta em elevado potencial erosivo.

Por estar submetida a um regime regional tropical com pluviosidade até 1.700 mm/ano, os índices de erosividade na região da serra de Baturité não apresentam valores extremos, como é comum em regiões de alta pluviosidade, como o sudeste brasileiro, ou em áreas semiáridas do sertão nordestino.

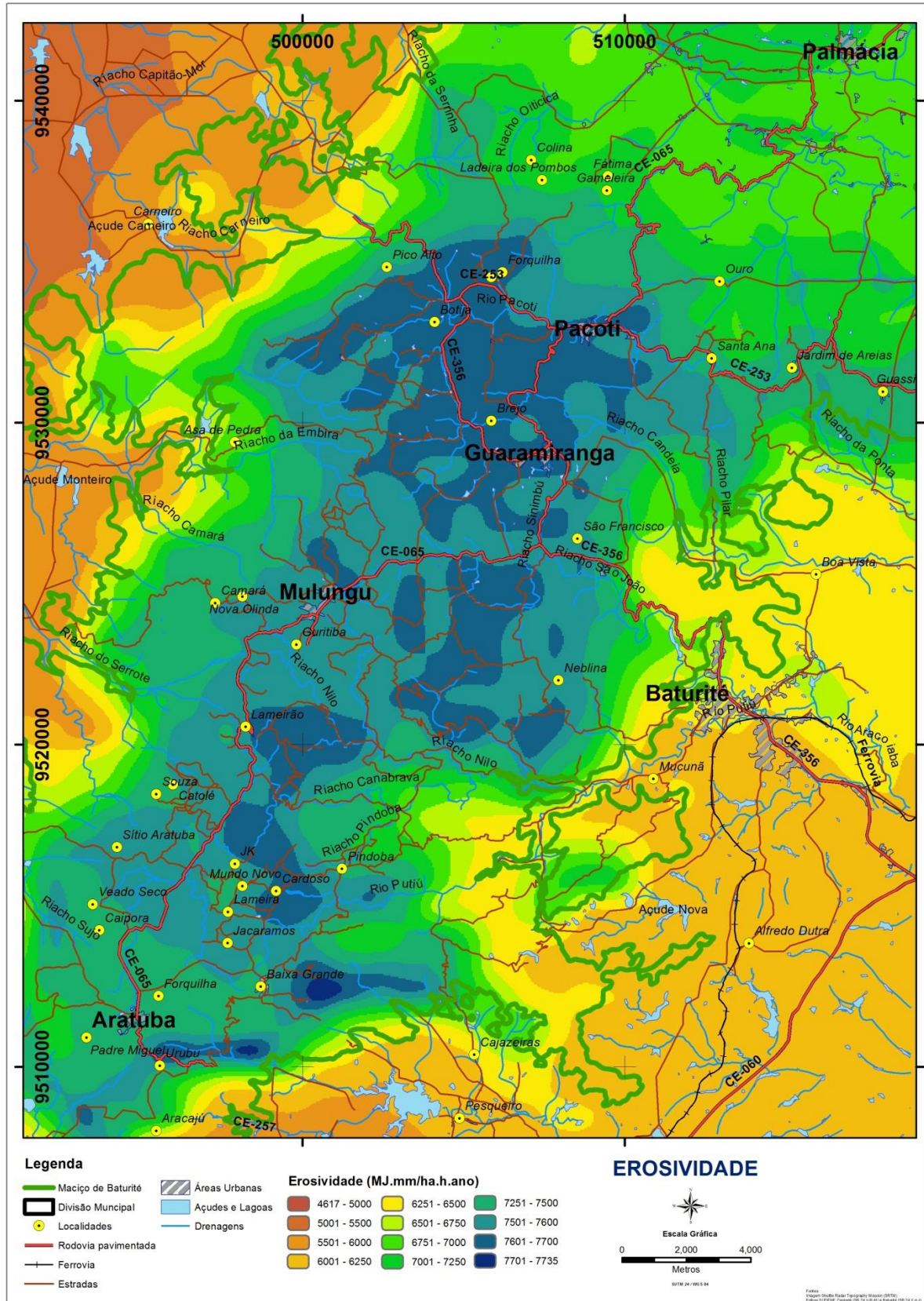


Figura 05. Erosividade da Serra de Baturité. Fonte: Batista (2014)

#### 4. CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu estabelecer uma série de constatações e comprovações de hipóteses em termos da aplicabilidade dos recursos de geoprocessamento para fins de mapeamento de erosividade, bem como da necessidade da complementação dos trabalhos de campo na aferição dos dados, mesmo em escala regional.

O uso de ferramentas de geoprocessamento e o processamento digital de imagens de satélite atenderam a contento a tarefa de gerar dados primários a serem utilizados num mapeamento de caráter orientativo.

Os dados do *Worldclim* permitiram a elaboração do mapa de pluviometria com bom nível de detalhe e boa coerência em relação aos valores levantados pela estação do INMET em Guaramiranga. Como se trata de dados interpolados com dados altimétricos do SRTM, a pluviosidade orográfica da Serra de Baturité, com distinção clara dos índices pluviométricos entre as vertentes leste e oeste (barlavento e sotavento, respectivamente), ficou bem marcada e condizente com as expectativas. A álgebra de mapas realizada sobre os dados *WorldClim* a partir das equações de coeficiente de chuva média mensal (3) e média mensal do índice de erosividade (4) produziu imagens *raster* com os valores de erosividade, atestou a eficácia dessa técnica e a viabilidade da reprodução do método aqui exposto em outras áreas, especialmente em regiões pouco providos de dados pluviográficos e pluviométricos.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Geotécnica e Prospecção Geoquímica (LAGETEC), do Departamento de Geologia da UFC pelo suporte a este trabalho e aos colegas do doutorado, membros do LAGETEC, que acompanharam de perto o desenrolar deste trabalho contribuindo com sua experiência.

#### REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A. N. Os Sertões: A originalidade da terra. *In.*: **Revista Ciência Hoje**, vol. 3, n. 18, p. 43-52, maio/jun. 1985.
- BATISTA, C. T. **Geoprocessamento aplicado ao mapeamento geotécnico em escala regional: o caso da Serra de Baturité, CE**, 2014, 218f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Fortaleza, 2014.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BAPTISTA, G. M. DE M. **Diagnóstico ambiental de erosão laminar: modelo geotecnológico e aplicação**. Brasília: Universa, 2003.
- BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic information systems for geoscientists, modeling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994.

CARVALHO, M. P.; FREDII, O. S.; VERONESE, V. **Crêterios de classifica o de chuva individual erosiva para o Estado de São Paulo**. Acta Scientiarum, v.26, p.175-183, 2004.

CHAVES, J. M., SANO, E. E., EDI, M. G., SILVA, A. B., MENESES, P. R. **Sinergismo entre dados ópticos e de radar no estudo geológico da região de bezerra-cabeceiras, Goiás**. Revista Brasileira de Geociências. 33 (2-Suplemento):137-146, 2003. Disponível em: [http://sbgeo.org.br/pub\\_sbg/rbg/vol33\\_down/3302suplemento/sr-18.pdf](http://sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol33_down/3302suplemento/sr-18.pdf). Acesso em: 28 nov. 2011.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 170p, 1992.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa Exploratrio-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará**. Escala 1:600.00. Brasília, 1973.

DA SILVA, A. F. M. **Análise da Suscetibilidade a Erosão dos Solos na Microbacia do riacho dos Barros, Município de Aratuba – Ceará**. Disserta o de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Depto. de Geologia, Fortaleza, 2007.

FARINASSO, M. *et al.* Avalia o qualitativamente do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equa o Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. *In.: Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v.7, n. 2, 2006, p. 73-85. Disponível:< [http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10634/1/ARTIGO\\_AvaliacaoQualitativaPotencial.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10634/1/ARTIGO_AvaliacaoQualitativaPotencial.pdf) >. Acesso em: 29 abr. 2015.

FLORENZANO. T. G. (org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conserva o dos solos: conceitos, temas e aplica es**. 5. ed. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

HAAN, C. T.; BARFIELD, B. J. & HAYES, J. C. **Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments**. In: Erosion and Sediment Yield. Cap.8. Academic Press. Inc. San Diego, CA. 260p. 1994.

HIJMANS, R. J., CAMERON, S. E., PARRA, J. L., JONES, P. G., JARVIS, A. **Very high resolution interpolated climate surfaces for Global land areas**. Int. J. Climatol. 25: 1965–1978 (2005). Disponível em: [http://www.worldclim.org/worldclim\\_IJC.pdf](http://www.worldclim.org/worldclim_IJC.pdf). Acesso em: 28 nov. 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, 2009.

MORETI, D. *et al.* Importantes características de chuva para a conserva o do solo e da água no município de São Manuel (SP). *In.: Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 4, 2003, p. 713-725. Disponível em:< <http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/27248/S0100-06832003000400016.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1979.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplica es**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.

PIN O, T. R. G. **Integra o de dados Geofísicos, Geológicos e de sensores remotos aplicados   prospec o de água subterrânea em meio fissural (Distrito de Ju , Irauçuba/CE)**. Disserta o de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Depto. de Geologia, Fortaleza, 2005.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.T. (organizador). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.p. 229-265.

SANTOS, K. R dos. **Uso da terra e erosão acelerada: o caso do bairro Geovanni Braga em Anápolis (GO)**. In: XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2007, Natal. Disponível em:[http://extras.ufg.br/uploads/215/original\\_SANTOS\\_\\_K\\_sia\\_Rodrigues\\_uso\\_terra\\_erosao.pdf](http://extras.ufg.br/uploads/215/original_SANTOS__K_sia_Rodrigues_uso_terra_erosao.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2011.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric analysis of erosional topography**. Geol. Soc. America Bulletin, 1965.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**, São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em:[http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia\\_utilizacao\\_topodata.pdf](http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_utilizacao_topodata.pdf). Acesso em: 24 de setembro de 2011.

VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

WALTRICK, P.C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “El niño” e “La niña” e estimativa para cenários climáticos futuros**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Agriculture handbook. US. Department of Agriculture. Washington. DC.1978.

---

Recebido em: 23/03/2015

Aceito para publicação em: 11/06/2015