



A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA BACIA DO RIO UBERABA

Renato Farias do Valle Junior¹; João Antonio Galbiatti²; Teresa Cristina Tarle Pissarra²; Marcílio Vieira Martins Filho²; Hygor Evangelista Siqueira¹

1. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro-Campus Uberaba, Minas Gerais, Brasil renato@iftm.edu.br
2. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-Campus Jaboticabal Brasil

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

O potencial da chuva em causar erosão, erosividade, torna-se um guia valioso na recomendação de práticas de manejo de solo que visem reduzir a erosão hídrica. A estimativa dos valores de erosividade possibilita representar a capacidade potencial erosiva da chuva, que é de fundamental importância para o planejamento da conservação do solo. Os objetivos deste trabalho foram: calcular a erosividade das chuvas, utilizando-se dos índices EI₃₀ e KE>25; e estimar a equação que calcule a erosividade por meio de parâmetros pluviométricos mediante dados mensais de precipitação para a região da bacia hidrográfica do rio Uberaba. Foram estudadas 703 chuvas no período de (Janeiro/1999 a Dezembro/2005), das quais apenas 311 foram consideradas erosivas, correspondendo a 44,23% da precipitação ocorrida no período. O valor obtido para o fator R (erosividade) foi de 7846,54 MJ mm (ha h ano)⁻¹, para o EI₃₀, e de 102,05 MJ (ha h ano)⁻¹, para o KE>25 respectivamente. O período de plantio de grãos e estabelecimento das culturas, na bacia do rio Uberaba, ocorre preferencialmente entre os meses de outubro a dezembro, período este onde o potencial da chuva em causar erosão (erosividade) apresenta maior risco, correspondendo a 43,83% e 44,13% do total da erosividade anual para os índices EI₃₀ e KE>25. Durante o período de junho a agosto, a erosividade não sofre acréscimos consideráveis, devido à baixa pluviometria na região.

PALAVRAS-CHAVE: fator R, coeficiente de chuva, USLE, erosão do solo.

THE RAINFALL EROSIVITY RIVER BASIN UBERABA.

ABSTRACT

The potential of rain to cause erosion, erosivity, becomes a valuable guide on the recommendation of management practices that reduce soil erosion by water. The estimation of erosivity possible to represent the erosive potential ability of rain, which is of fundamental importance for planning of soil conservation. The objectives of this study was to calculate the rainfall erosivity, using indices EI₃₀ and KE> 25, and estimate the equation to calculate the erosivity of rainfall parameters by means of monthly data of precipitation for the region of Uberaba River basin . Were studied in 703 rainy period (January 1999 to December/2005), of which only 311 were considered erosive, accounting for 44.23% of the precipitation in the period. The

value obtained for the R factor (rainfall erosivity) were 7846.54 MJ mm (ha h)⁻¹, for the EI30, and 102.05 MJ (ha h)⁻¹, for KE > 25 respectively. The period of grain crops and establishment of cultures, in Uberaba River basin, preferentially occurs between the months October to December, a period where the potential of rain erode (erosivity) at higher risk, accounting for 43.83% and 44.13% of total annual erosivity index EI30 and for KE > 25. During the period June to August, the erosivity does not undergo substantial increases due to low rainfall in the region.

KEYWORDS: R factor, coefficient of rain, USLE, soil erosion.

INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados pelo homem na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão hídrica, pelo uso e manejo inadequados. Para a utilização sustentada dos solos é necessário o conhecimento e quantificação dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, que variam de uma região para outra.

A previsão de perdas de solo e conseqüente produção de sedimentos nas bacias hidrográficas são indispensáveis ao planejamento conservacionista do solo e da água (LEMOS & BAHIA, 1992). Assim, a proteção contra a erosão hídrica requer um cuidado contínuo quanto à manutenção das práticas de conservação do solo.

A erosão hídrica do solo é um processo complexo que ocorre em três fases, nem sempre distinta uma das outras, pois podem ocorrer concomitantemente: a desagregação, o transporte e a sedimentação. Inicia-se quando as gotas de chuva começam a incidir sobre a superfície do solo, gerando ruptura dos agregados e predispondo-os ao transporte pela enxurrada. O impacto das gotas precipitadas, coloca em suspensão as partículas finas, donde são transportadas quando o solo está saturado ou quando a lâmina precipitada é superior à capacidade de infiltração de água no solo, gerando escoamento superficial. Desta forma, o material transportado deposita-se em locais mais baixos, depressões naturais ou reservatórios de água, concluindo assim o processo erosivo.

As perdas de solo decorrentes da erosão hídrica dependem principalmente da declividade do terreno, do regime pluviométrico e das características do solo (CAMPOS FILHO *et al*, 1992).

As principais características físicas da chuva envolvidas nos processos erosivos, conforme BUCKMAN & BRADY (1976), são: a quantidade ou pluviometria total, intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal. Desta forma, a chuva é conceituada como um dos fatores climáticos de maior interferência na erosão dos solos, tanto o volume escoado como as velocidades da enxurrada dependem diretamente da intensidade, duração e frequência das mesmas.

Os sedimentos podem ser considerados os maiores poluentes das águas superficiais, bem como causadores de assoreamento em canais de drenagem e barragens. Contudo, o enriquecimento do sedimento com nutrientes pode ocorrer pelo processo de deposição (FRERE *et al*, 1980), e correlaciona-se ao aumento de partículas mais finas, como argila e silte e à concentração das partículas (MONKE *et al*, 1976).

A equação universal de perdas de solo (EUPS) tem sido bastante utilizada para a previsão da erosão hídrica funcionando como instrumento auxiliar no planejamento agrícola, pois permite a escolha de práticas que minimizem as perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Apesar do surgimento de outros modelos

de previsão de perdas de solo, a EUPS vem sendo utilizada de forma crescente em alguns países, como valioso guia para o planejamento ambiental, devido a sua simplicidade e facilidade de operação (DIAS *et al.*, 2003). No entanto, sua utilização é dependente da confiabilidade dos dados usados na determinação dos fatores da equação.

A EUPS é representada pelo produto de seis variáveis ($A = R, K, LS, C, P$), sendo R o fator erosividade da chuva, K o fator erodibilidade do solo, L o fator comprimento do declive, S o fator grau do declive, C o fator uso, manejo e cobertura do solo e P o fator práticas conservacionistas de suporte do solo. Além de abordar os parâmetros clima, solo, relevo, revela o resultado decorrente da ação antrópica quanto ao uso do solo (SILVA *et al.*, 2003) que é, em última análise, resultante das características culturais, econômicas e sociais das comunidades humanas.

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio da sua erosividade que se baseia nas características físicas das chuvas de cada região. No Brasil, poucos são os estudos básicos sobre características físicas das precipitações e também o são, geralmente, para um número reduzido de anos (CARVALHO *et al.*, 2005).

LAL (1994) define erosividade como sendo a capacidade que tem a chuva de promover erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, processos devidos, respectivamente, ao impacto direto das gotas d'água e ao transporte, pelo escoamento superficial da água, das partículas desagregadas. Essa habilidade é atribuída à intensidade da chuva e à distribuição do tamanho de suas gotas, características que afetam a energia cinética com que ela promove a desagregação e o transporte das partículas do solo (NOLÊTO, 2005).

Além de seu papel como componente da EUPS o fator R (erosividade) ainda pode servir como parâmetro de suporte a trabalhos de extensão e assistência rural (BERTOL, 1994), pois permite definir épocas críticas quanto à erosão, orientando a melhor época para o estabelecimento das práticas de manejo e conservação do solo (VAL *et al.*, 1986).

Buscando determinar de forma numérica uma expressão que melhor representasse a capacidade erosiva das chuvas dos EUA, WISCHMEIER & SMITH (1958) desenvolveram um índice intitulado de EI_{30} . Este índice é o resultado do produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em qualquer período de 30 minutos consecutivos. Tanto o impacto da gota de chuva, a turbulência e o escoamento superficial acham-se bem combinados neste índice, daí sua elevada correlação com as perdas de solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978). No Brasil, o parâmetro EI_{30} foi amplamente utilizado (LOMBARDI NETO, 1977; CASTRO FILHO *et al.*, 1982; PEREIRA, 1983; MARGOLIS, 1985; MEDINA & OLIVEIRA JR., 1987; CARVALHO, 1987; MORAIS *et al.*, 1988; BERTOL, 1993; BERTOL, 1994; ROQUE & CARVALHO, 1999; ROQUE, 1999; ROQUE *et al.*, 2001).

Segundo LAL (1976) e LAL *et al.*, (1980) o modelo apresentado por WISCHMEIER & SMITH (1958) subestima os valores da energia cinética calculada da chuvas nas regiões tropicais, devido a existência de altas intensidades de precipitação, diferentes distribuição de gotas aliado frequentemente com elevada velocidade dos ventos. Desta forma, HUDSON (1965) em estudos realizados em condições tropicais da África, verificou existir maior correlação das perdas de solo com o índice $KE > 25$, que consiste na energia cinética total das chuvas com intensidade superior a 25 mm h^{-1} , sendo desta forma o melhor parâmetro para expressar sua erosividade, dispensando para seu cálculo a intensidade máxima em 30 minutos, representando um índice de maior facilidade de obtenção.

Para a correta utilização da USLE, é importante que o fator R represente o mais fielmente possível a erosividade média anual de uma região (WISCHMEIER & SMITH, 1958). Para se obter um fator R confiável, estima-se que sejam necessários de 10 a 20 anos de coleta de dados (WISCHMEIER & SMITH, 1978; CARVALHO *et al.*, 1989). Entretanto, dada a falta de registros pluviográficos e a necessidade de maior rapidez na aquisição de conhecimentos sobre a erosividade, trabalhos têm sido divulgados abrangendo um número inferior de anos (RUFINO, 1986; MEDINA & OLIVEIRA JÚNIOR, 1987; MOURA & MEDEIROS, 1987; CARVALHO *et al.*, 1989; MORAIS *et al.*, 1991; CARVALHO *et al.*, 1993; SILVA *et al.*, 1997; SÁ *et al.*, 1998; SILVA, 2003; CARVALHO *et al.*, 2005). Esses fatos, aliados ao maior tempo gasto nos cálculos da erosividade tem levado muitos pesquisadores a tentarem relacionar os índices de erosividade da chuva (EI30 ou KE>25) com suas características pluviométricas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Observa-se que as características pluviométricas mais comumente relacionadas com a erosividade são a lâmina precipitada e o coeficiente de chuva (FORNIER, 1960). Desta forma, vários trabalhos possibilitaram estimar o fator R (erosividade) a partir do conhecimento das lâminas diárias precipitadas (LAL, 1988, MORAIS *et al.*, 1988; BERTONI, 1993; RUFINO *et al.*, 1993)

A erosão hídrica constitui um dos maiores problemas verificados na bacia do rio Uberaba devido a ocorrências de desmatamentos para uso agrícola e o uso indevido de áreas legalmente destinadas à reserva, mata ciliar e de encosta (CRUZ, 2002). Desta forma, tais fatores tem contribuído para a instabilidade de áreas de produção agrícola, gerando a necessidade do estabelecimento de manejo do solo adequado e recuperação de extensas áreas degradadas.

Sabendo-se da respectiva escassez de informações sobre a erosividade das chuvas na região dos cerrados, e em especial na bacia do rio Uberaba, microbacia de importância agrícola da região, os objetivos deste trabalho foram: (i) calcular a erosividade das chuvas para a bacia do rio Uberaba; e (ii) fornecer equações que permitam estimar a erosividade, através de parâmetros pluviométricos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A bacia do rio Uberaba, possui uma área aproximada de 2346 Km², está situada entre os paralelos 19° 30' e 19° 45' de latitude sul e os meridianos de 47° 38' e 48° 00' a oeste de Greenwich. Abrange grande parte dos municípios de Uberaba, Veríssimo e Conceição das Alagoas, Campo Florido e parte de Planura, destacando-se por sua importância em termos de recursos hídricos e aspectos econômicos ligados às atividades agrícolas.

Conceituado como um dos mais importantes pólos econômicos do triângulo mineiro, o município de Uberaba possui cerca de 260 mil habitantes (IBGE, 2000).

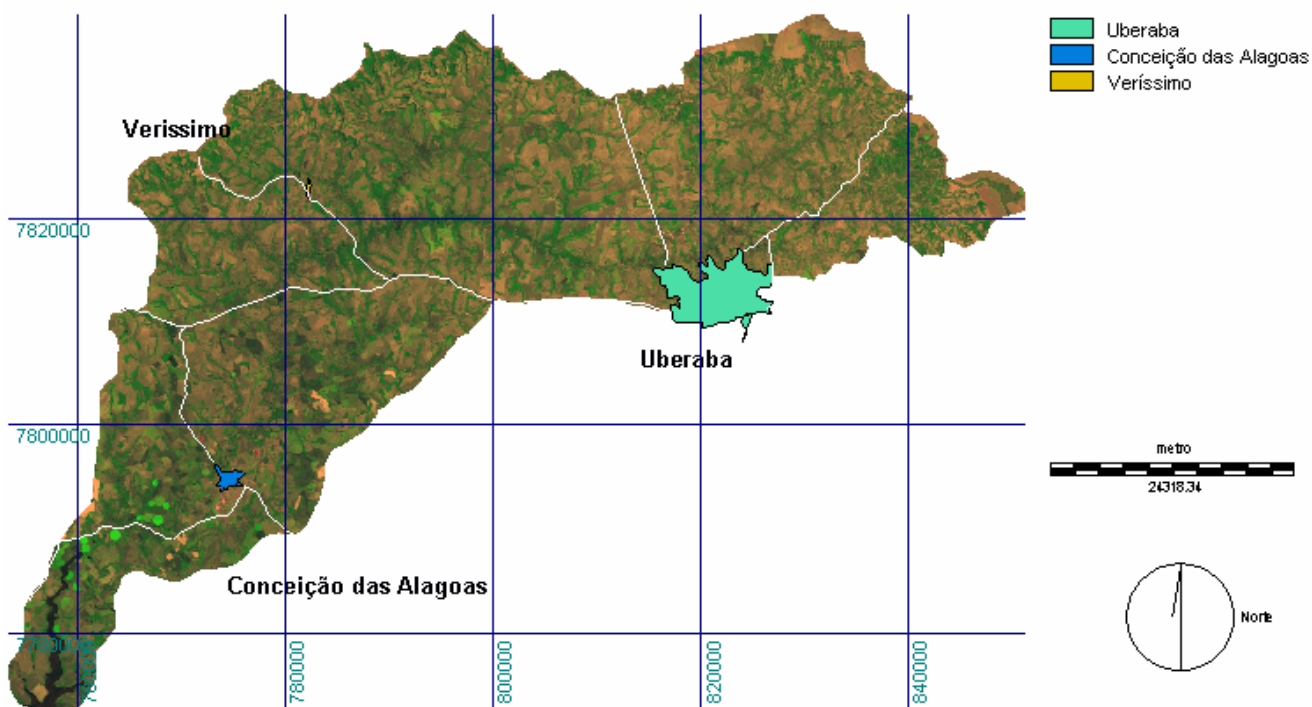


FIGURA 1: Divisão Municipal da Bacia do Rio Uberaba
FONTE: Autor

Clima Regional

Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, classificado como frio e seco e o de verão, como quente e chuvoso. Quanto ao regime pluviométrico a região caracteriza-se por um regime chuvoso de outubro a abril, sendo a estação seca de maio a setembro e os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos.

A precipitação média anual é de 1584,2 mm, sendo o trimestre mais chuvoso, dezembro - janeiro – fevereiro, com precipitação entre 42,8 e 541 mm /mês, para uma série histórica de 62 anos, (SILVA *et al*, 2003).

A bacia do rio Uberaba apresenta segundo classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical sendo o domínio climático conceituado como semi-úmido com quatro a cinco meses secos. A umidade relativa do ar média oscila entre 70 e 75 % sendo seus valores máximos verificados no mês de dezembro (81%) e mínimos no mês de agosto (52%) (GOMES,1982 citado por CRUZ, 2002).

A Temperatura média anual varia entre 20 a 24°C, sendo que os meses mais quentes do ano são Outubro e Fevereiro, com temperaturas variando entre 21 e 25°C e Julho o mês mais frio, com temperaturas variando de 16°C a 18°C (INMET/EPAMIG, 2000).

A Erosividade

Para o cálculo da erosividade foram utilizados registros contínuos cotados dos pluviogramas diários da cidade de Uberaba (MG) do período entre janeiro de 1999 a dezembro de 2005, obtidos junto à Estação Climatológica do INMET (Instituto

Nacional de Meteorologia)/ 5º DISME. A amplitude de registro destes dados foi de 10 mm de precipitação, com precisão de 0,2 mm, sendo o tempo de registro de 24 horas, com unidade de 10 minutos. Após serem cotados manualmente os dados pluviográficos de 311 chuvas individuais erosivas, foram calculadas as energias cinéticas totais das chuvas para cada evento.

Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de seis horas. As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que 24 mm h⁻¹, em 15 min, foram consideradas não erosivas (DE MARIA, 1994).

Na determinação dos padrões de chuva, para cada chuva individual erosiva, calculou-se a intensidade (mm h⁻¹) e duração (h) de cada segmento do pluviograma com intensidades distintas em cada intervalo.

Para a determinação dos índices de erosividade, cada chuva individual foi cotada manualmente em segmentos de intensidade uniforme. A energia cinética total da chuva e a sua intensidade máxima em 30 minutos, I_{30} , foram obtidas por programa de computador elaborado em planilha eletrônica Microsoft Excell, utilizando-se o método de WISCHMEIER & SMITH (1958). Para calcular a energia cinética, foi utilizada a equação de WISCHMEIER & SMITH (1958), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por FOSTER *et al.*, (1981), dada por:

$$Ec = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

sendo:

Ec: a energia cinética da chuva no segmento (MJ ha⁻¹ mm⁻¹);

I: a intensidade da chuva (mm h⁻¹).

No uso da equação (1) quando a intensidade de precipitação superou o valor de 72 mm h⁻¹ no cálculo da energia cinética adotou-se o valor de intensidade igual a 72 mm/h segundo WISCHMEIER & SMITH (1978).

Os resultados encontrados mediante o uso desta equação foram multiplicados pela lâmina de chuva precipitada em cada segmento e, em seguida realizada a soma dos valores para uma mesma chuva individual.

Na obtenção do índice EI_{30} (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), foi identificada a maior lâmina de chuva precipitada em 30 minutos no pluviograma, com a qual se calculou a intensidade máxima de chuva observada nessa duração, donde pelo produto entre a energia cinética total da chuva ($Ec = \text{MJ há}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) e a intensidade máxima em 30 minutos ($I_{30} = \text{mm h}^{-1}$), calculou-se para cada precipitação o índice EI_{30} de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1958).

$$EI_{30} = EC \cdot I_{30} \quad (2)$$

Para a obtenção do índice $KE > 25$, utilizaram-se os mesmos parâmetros citados desconsiderando-se, porém, as precipitações com intensidades médias em cada segmento, inferiores a 25 mm h⁻¹; desta forma, o índice $KE > 25$ foi obtido por meio do somatório das energias cinéticas dos segmentos de chuva com intensidades maiores que 25 mm h⁻¹. Com os valores de EI_{30} e $KE > 25$, obtidos em cada precipitação, foi possível determinar os índices de erosividade mensais e, posteriormente, os anuais, a cidade de Uberaba. Foi determinado, também, o

coeficiente de chuva (R_c), conforme apresentado por SILVA *et al.*, (1997) e proposto por LOMBARDI NETO (1977), ou seja:

$$R_c = P_m^2 \cdot P_a^{-1} \quad (3)$$

Onde:

R_c : o coeficiente de chuva em mm;

P_m : a precipitação média mensal em mm; e

P_a : a precipitação média anual (mm).

A curva de distribuição relativa acumulada da erosividade em função do tempo, foi obtida através dos valores médios mensais em relação ao valor médio anual, conforme WISCHMEIER & SMITH (1978), para a cidade de Uberaba.

A Análise de regressão entre os valores do índice EI30 e KE>25 médio mensal (variável dependente y), calculados com dados de pluviografia, e os valores dos coeficientes de chuvas mensais (R_c) (variável independente x), determinados no período de 1999 a 2005, foi efetuado utilizando-se do programa estatístico Regression Fitted line Plot (MINITAB, 1998), onde procedeu-se o ajuste das funções dos seguintes tipos: linear, potencial, exponencial, quadrática, logarítmica e polinomial, dos dados de erosividade médios mensais e de coeficiente de chuva. Assim, foram apresentados os coeficientes de ajuste para o modelo matemático que apresentou o maior coeficiente de determinação (r^2). Posteriormente, foi efetuada a análise da variância, com o objetivo de verificar a significância do ajuste. Simultaneamente, gerou-se a análise de regressão entre os valores do índice EI30 e KE>25 médio mensal (variável dependente y), calculados com dados de pluviografia, e os valores mensais médios precipitados (variável independente x), determinados no período de 1999 a 2005, onde foi efetuado utilizando-se do programa estatístico (MINITAB, 1998) com os mesmos ajustes das funções citados acima.

As análises de regressão entre os valores médios mensais dos índices de erosividade e os parâmetros pluviométricos (R_c e Precipitação média) foram testadas pelo teste F a 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante análise das 703 chuvas, 311 foram consideradas erosivas, representando 44,23% da precipitação ocorrida no período de janeiro/1999 a dezembro/2005. Desta forma, a erosividade (fator R), referente a região de Uberaba, MG, gerado neste trabalho é de 7846,54 MJ mm (ha h ano)⁻¹, o qual pode ser considerado médio, pois em algumas regiões brasileiras podem chegar até a 14130 MJ mm (ha h ano)⁻¹, em Manaus, AM, segundo OLIVEIRA JUNIOR & MEDINA, (1990) citado por MARQUES *et al.*, (1998). Assim, o fator erosividade da chuva de Uberaba (MG), aproxima-se dos valores encontrados na região Sudeste do Brasil (Tabela 1).

TABELA 1 – Erosividade da Chuva para região sudeste do Brasil.

| Local | Estado | Erosividade | | Fonte |
|------------------------|--------|---------------------------------|---|---|
| | | EI30 mm ano ⁻¹ | MJ ha ⁻¹ KE>25 MJ ha ⁻¹ | |
| Mococa | SP | 7747 | 141,7 | Carvalho et al., (1989); Carvalho et al., (1991) |
| Pedrinhas Paulistas | SP | 7669 | ---- | Moreti et al., (2003) |
| Pirajú | SP | 7074 | ---- | Roque et al., (2001) |
| Presidente Prudente | SP | 7161 | ---- | Tommaselli et al., (1999) |

Na TABELA 2 são apresentados os dados de precipitação e erosividade. A precipitação ocorrida entre os meses de novembro a março corresponde a 81,16% do total anual e a erosividade para o mesmo período para os índices EI30 e KE>25 são respectivamente de 88,14 e 85,87% do total, mostrando que para os respectivos meses existe maior risco de ocorrência de erosão hídrica.

TABELA 2 – Médias mensais dos índices erosivos estudados da precipitação e Coeficiente de chuva ocorrida em Uberaba, MG, de jan./99 a dez./2005¹.

| Meses | Erosividade EI30 | | Erosividade KE>25 | | Precipitação Media mensal | | Coeficiente de Chuva (Rc) | |
|-------------|--|-------|------------------------|-------|---------------------------|-------|---------------------------|--|
| | MJ mm ha ⁻¹ ano ⁻¹ | % | (MJ ha ⁻¹) | % | (mm) | % | (mm) | |
| Jan. | 1383,6 | 17,63 | 17,76 | 17,4 | 340,28 | 21,22 | 72,198 | |
| Fev. | 1462,49 | 18,64 | 17,49 | 17,14 | 247,05 | 15,4 | 38,055 | |
| Mar. | 995,83 | 12,69 | 14,79 | 14,49 | 217,68 | 13,57 | 29,546 | |
| Abr. | 125,7 | 1,6 | 1,7 | 1,67 | 52,7 | 3,29 | 1,731 | |
| Mai. | 151,1 | 1,93 | 1,28 | 1,25 | 47,48 | 2,96 | 1,405 | |
| Jun. | 25,57 | 0,33 | 0,41 | 0,4 | 8,37 | 0,52 | 0,043 | |
| Jul. | 28,65 | 0,37 | 0,46 | 0,45 | 13,73 | 0,86 | 0,1175 | |
| Ago. | 11,88 | 0,15 | 0 | 0 | 20,27 | 1,26 | 0,256 | |
| Set. | 222,14 | 2,83 | 3,12 | 3,06 | 63,5 | 3,96 | 2,514 | |
| Out. | 365,68 | 4,66 | 7,44 | 7,29 | 96,08 | 5,99 | 5,756 | |
| Nov. | 1104,61 | 14,08 | 12,76 | 12,5 | 179,02 | 11,16 | 19,981 | |
| Dez. | 1969,3 | 25,1 | 24,83 | 24,33 | 317,63 | 19,81 | 62,907 | |
| Total Anual | 7846,54 | 100 | 102,05 | 100 | 1603,8 | 100 | | |

¹ KE>25 = energia cinética dos segmentos de chuva com intensidade superior a 25 mm h⁻¹ determinada segundo WISCHMEIER & SMITH (1958); EI30 = multiplicação da energia cinética total originada de uma chuva erosiva pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos determinada segundo WISCHMEIER & SMITH (1958) respectivamente.

Os resultados mostrados na TABELA 3 apresentam elevados coeficientes de variação mensal da erosividade para os meses de abril a setembro, entretanto, estes

resultados são normais, tratando-se de meses de baixa precipitação na região de Uberaba, quando é comum uma maior variabilidade na ocorrência de chuvas.

TABELA 3. Valores ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) mensais, anuais e médios dos índices de erosividade(EI30) de Uberaba- MG, para o período de 1999 a 2005.

| Meses | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 | Média | CV |
|-----------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| (EI30 conforme Eq.1) | | | | | | | | |
| Jan. | 639,82 | 1868,66 | 1665,46 | 2204,69 | 722,49 | 1200,49 | 1383,60 | 45,9 |
| Fev. | 407,03 | 2209,07 | 3338,79 | 816,88 | 1986,29 | 16,91 | 1462,49 | 86,3 |
| Mar. | 292,48 | 2966,81 | 416,51 | 103,16 | 805,72 | 1390,29 | 995,83 | 107,3 |
| Abr. | 0,00 | 0,00 | 43,53 | 0,00 | 710,69 | 0,00 | 125,70 | 228,4 |
| Mai. | 102,47 | 0,00 | 0,00 | 51,05 | 151,91 | 601,16 | 151,10 | 151,1 |
| Jun. | 50,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 103,26 | 0,00 | 25,57 | 168,3 |
| Jul. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 51,60 | 120,29 | 0,00 | 28,65 | 172,5 |
| Ago. | 0,00 | 0,00 | 71,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,88 | 244,9 |
| Set. | 200,97 | 790,11 | 0,00 | 11,05 | 0,00 | 330,70 | 222,14 | 139,2 |
| Out. | 74,43 | 364,72 | 300,69 | 246,85 | 153,89 | 1053,50 | 365,68 | 96,4 |
| Nov. | 1437,47 | 962,22 | 1340,77 | 1335,91 | 121,24 | 1430,02 | 1104,61 | 46,4 |
| Dez. | 2797,56 | 2105,43 | 1031,46 | 395,14 | 3609,53 | 1876,68 | 1969,30 | 59,0 |
| total anual | 6002,40 | 11267,02 | 8208,47 | 5216,32 | 8485,30 | 7899,75 | 7846,54 | 27,1 |
| Meses | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2004 | 2005 | Média | CV |
| KE>25 | | | | | | | | |
| Jan. | 8,29 | 29,12 | 21,15 | 33,42 | 0,00 | 14,56 | 17,76 | 71,20 |
| Fev. | 0,00 | 33,65 | 35,47 | 12,66 | 23,18 | 0,00 | 17,49 | 90,40 |
| Mar. | 2,37 | 47,58 | 5,48 | 4,79 | 12,11 | 16,43 | 14,79 | 114,10 |
| Abr. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,18 | 0,00 | 1,70 | 244,40 |
| Mai. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,22 | 2,48 | 1,28 | 169,40 |
| Jun. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,48 | 0,00 | 0,41 | 246,90 |
| Jul. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,74 | 0,00 | 0,46 | 243,10 |
| Ago. | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | ----- |
| Set. | 0,00 | 12,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,67 | 3,12 | 164,50 |
| Out. | 0,00 | 7,01 | 7,15 | 5,22 | 5,18 | 20,07 | 7,44 | 90,10 |
| Nov. | 12,99 | 16,23 | 14,95 | 21,68 | 0,00 | 10,71 | 12,76 | 56,80 |
| Dez. | 34,12 | 31,73 | 9,31 | 2,48 | 43,47 | 27,90 | 24,83 | 63,10 |
| Total anual | 57,77 | 177,40 | 93,52 | 80,25 | 104,56 | 98,81 | 102,05 | 39,60 |

Observando-se a FIGURA 2 constata-se que os segmentos com maior inclinação das curvas de distribuição dos valores médios mensais acumulados para os índices EI30 e KE>25, representam os períodos com maior risco erosivo, os quais em Uberaba (MG) compreendem-se de janeiro a março, seguindo-se o período de novembro a dezembro. Nos meses de abril a setembro não houve elevação da inclinação das curvas de distribuição dos valores médios, apresentando desta forma menor risco erosivo neste período.

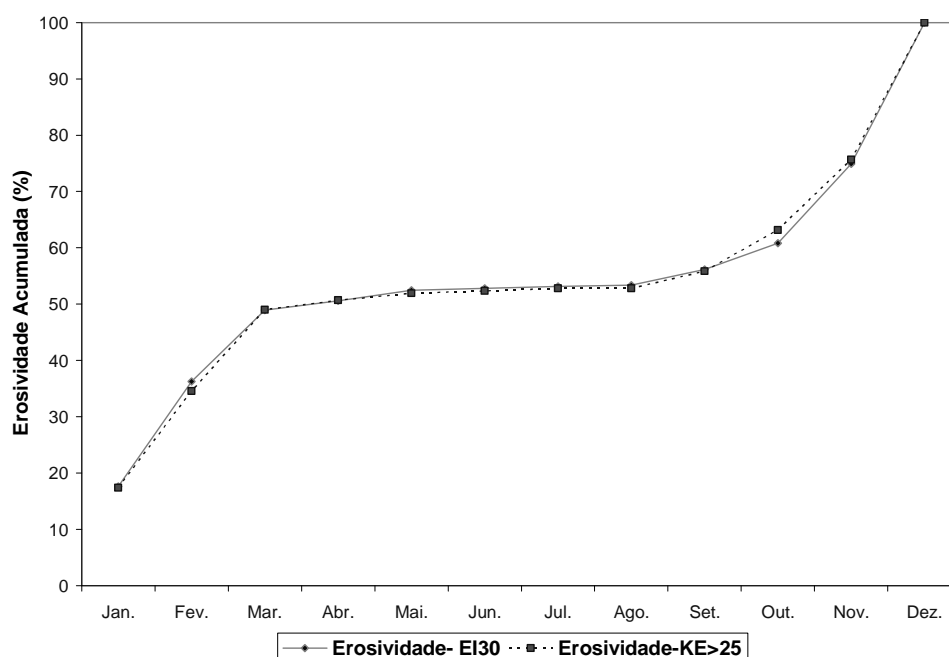


FIGURA 2: Curva de distribuição da erosividade acumulada da chuva (EI30 e KE>25) de Uberaba (MG)

Fonte: Autor

Durante sete meses (outubro a abril) da estação chuvosa, ocorrem, em média, 1603 mm de precipitação, 81,16% das quais entre novembro e março (cinco meses). O mês mais chuvoso é janeiro seguido de dezembro e fevereiro. O mês de janeiro e fevereiro apresentou maior ocorrência de chuvas individuais erosivas do ano (nove vezes), enquanto os meses de novembro e dezembro apresentaram uma frequência de sete vezes (TABELA 4). O período de plantio de grãos, e estabelecimento das culturas, na bacia do rio Uberaba, ocorre preferencialmente entre os meses de outubro a dezembro, período este onde o potencial da chuva em causar erosão (erosividade) apresenta risco, correspondendo a 43,83 e 44,13% do total da erosividade anual para os índices EI30 e KE>25. Durante o período de junho a agosto, a erosividade não sofre acréscimos consideráveis, devido à baixa pluviometria na região.

TABELA 4 – Frequência mensal média de chuvas individuais e chuvas erosivas de Uberaba- MG, para o período de 1999 a 2005.

| Meses | Frequencia de chuvas | Frequencia de chuvas erosivas |
|-------|----------------------|-------------------------------|
| Jan. | 19 | 9 |
| Fev. | 15 | 9 |
| Mar. | 16 | 6 |
| Abr. | 7 | 2 |
| Mai. | 4 | 2 |
| Jun. | 2 | 1 |
| Jul. | 2 | 1 |
| Ago. | 2 | 2 |
| Set. | 8 | 3 |
| Out. | 8 | 5 |
| Nov. | 15 | 7 |
| Dez. | 20 | 7 |

As equações ajustadas para a estimativa da erosividade (EI30 e KE>25 respectivamente) (Tabela 5), apresentaram significância estatística ao nível de 1% de probabilidade, e os coeficientes de determinação (R^2) foram elevados, variando de 0,94 a 0,96. Ao se utilizar o coeficiente de chuva (R_c), ao invés da precipitação média, para estimar a erosividade, houve um pequeno aumento no valor do coeficiente de determinação (R^2). LOMBARDI NETO (1977) propôs que a relação entre a erosividade e o coeficiente R_c fosse expressa por uma equação do tipo exponencial ($EI_{30} = a \times R_c^b$), a qual foi usada com sucesso em diversas situações (VAL *et al.*, 1986; CARVALHO *et al.*, 1991). Entretanto, neste trabalho, seus coeficientes de determinação ficaram abaixo dos obtidos com outros modelos de equações.

TABELA 5 – Equações de regressão, coeficientes de determinação (R^2), de regressão ajustados e para estimativa da erosividade das chuvas à partir do coeficiente de chuva (R_c) e Precipitação média mensal(P_m).

| Modelo | Equação | R^2 | F |
|------------|---|-------|----|
| Polinomial | $EI_{30} = 38,8605 + (55,5810 \times R_c) - (0,473748 \times R_c^2)$ | 0,95 | ** |
| Linear | $EI_{30} = -79,2181 + (5,4853 \times P_m)$ | 0,92 | ** |
| Polinomial | $KE > 25 = 0,759281 + (0,705559 \times R_c) - (0,0060774 \times R_c^2)$ | 0,96 | ** |
| Linear | $KE > 25 = -0,7417 + (0,0692 \times P_m)$ | 0,94 | ** |

Obs: (**)significativo a nível de 1% de probabilidade teste de F.

CONCLUSÕES

Os valores médios anuais da Erosividade índice (EI30) referente à região de Uberaba (MG) foram de 7846,54MJ mm (ha h ano)⁻¹.

Para Uberaba, os valores médios anuais da Erosividade índice de KE>25 foram de 102,05 MJ ha⁻¹.

O risco de ocorrência de erosão hídrica atinge o mais alto nível durante os meses de novembro a março sendo que os índices EI30 e KE>25 correspondem a 88,14 e 85,87% do total anual.

No período estudado, 44,23% da precipitação ocorrida foi considerada erosiva.

REFERENCIAS

BERTOL, I.; MIQUELLUTI, D.J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.10, p.1205-1213, out. 1993.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI30) para Lajes (SC). 1 aproximação. *Pesq. Agropec. Bras*, 28:515-521, 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1453-1458, set. 1994.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 595p.

CAMPOS FILHO, O.R.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P.; LEPRUN, J.C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.9, p.1363-1370, SET. 1992.

CARVALHO, D.F.; MONTEBELLER, C.A.; FRANCO, E.M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I.P. adões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.1, p.7-14, 2005.

CARVALHO, M.P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Índices de erosividade da chuva e enxurrada correlacionado com as perdas de solo e determinação da erosividade de um Latossolo Roxo Distrófico de Campinas (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.445-450, 1993.

CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; CATANEO, A. Índice KE_{>25} para análise da erosividade da chuva de Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.375-381, set./dez. 1991

CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, maio/ago. 1989.

CARVALHO, M.P. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa - SP. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1987.104. '(Tese de Mestrado)

CASTRO FILHO, C.; CATANEO, A. & BISCAIA R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson, para cálculo do potencial erosivo das chuvas em 5 localidades do Paraná. R. Bras. Ci. Solo, 6:240-241, 1982.

CRUZ, L.B.S. Diagnóstico ambiental da bacia do rio Uberaba-MG. Campinas, UNICAMP, 2002. **(Tese de Doutorado)**

DE MARIA, I.C. Cálculo da erosividade da chuva. In: MANUAL de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo. Campinas, IAC-SCS, 1994. n.p.

DIAS, A.S.;SILVA,J.R.C. A Erosividade das chuvas em fortaleza (CE). I – Distribuição, Probabilidade de ocorrência e período de retorno – 1ª aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:335-345, 2003.

FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, WC. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **J. Soil Water Conserv.**,36:355-359, 1981.

FRERE, M.H,ROSS,J.D;LANE,L.J. The nutrient sub-model. In: Knisel W.G., ed. **CREAMS: A field-scale model for chemicals, runoff and erosion from agricultural management systems**. Washington, USDA, 1980. p.65-87 (Conservation Res. Rept, 26)

HUDSON, N.W. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with to northern Rhodesia. Cape Town, University of Cape Town, 1965. **Dissertação de Mestrado)**

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000.

INMET/ EPAMIG – Instituto Nacional de Meteorologia Região de Uberaba campus EPAMIG (Empresa Mineira de Pesquisa Agropecuária). 2000.

LAL, R. **Soil erosion on alfisols in Western Nigeria**. III: Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, Amsterdam, v. p.16, 389-401. 1976.

LAL,R.;LAWSON,T.L ; ANASTASE,A.H. **Erosivity of tropical rains**. In: BOODT,M. de & GRABRIRLS,D. ED. *Assesment of erosion*. Chichester,J.Wiley, 1980. p.143-151.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R. **Soil erosion research methods**. Ankeny: SWCS, 1988. p.141-160.

LAL,R. **Soil erosion**: research methods. 2nd ed. Ohio: Ohio State of University Columbus. 1994. 340p.

LEMOS, M.S.S. & BAHIA, V.G. Erosividade da chuva. *Inf. Agropec.*, 16:25-31,1992.

LOMBARDI NETO, E Rainfall erosivity - ita distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p. (Tese de Mestrado)

MARGOLIS E.; SILVA A.B. & JACQUES F.O. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). *R. Bras. Ci. Solo*, 9: 165-169, 1985.

MARQUES,J,J.G.S.M; ALVARENGA,R.C.; CURI,N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33 , n 5 ,Maio/1998.

MEDINA, B.F.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.67-70, jan./abr. 1987.

MONKE, E.J.; MARELLI, H.J.; MEYER, L.D.; DE JONG, J.F. **Runoff erosion and nutrient movement from interill areas**. Trans. Am.Soc.Agric.Eng, St Joseph, 20:58-61, 1976.

MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.3, p.281-284, set./dez. 1988.

MORAIS, L.E.B.; MUTTI, L.S.M. & ELTZ, F.L.F. Relações entre características da chuva e perdas do solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 12:285-288, 1988.

MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.339-344, set./dez. 1991.

MORETI, D.; MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M.P. Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.25, n1, p.137-145. 2003

MOURA, A.R.B.; MEDEIROS, J.F. Determinação inicial da erosividade da chuva (fator R) em 1985, em Mossoró (RN). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p.229-231, maio/ago. 1987.

NOLÊTO, T.M.S.J. Suscetibilidade geoambiental das terras secas da Microregião de Sobral CE a desertificação. Fortaleza, UFCE, 2005. **(Dissertação de Mestrado)**

OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; MEDINA, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.235-239, maio/ago. 1990.

PEREIRA, H.H.G. Índices de erosividade da chuva: distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba (SP). Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1983. 70p. (Tese de Mestrado)

ROQUE, C.G. & CARVALHO, M.P. Distribuição da erosividade da chuva de Novo Horizonte (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília, 1999. Anais. Brasília, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 1999. CD-ROM.

ROQUE, C.G. **Erosividade da chuva: distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva para o município de Piraju (SP), Ilha Solteira**, Universidade Estadual Paulista, 1999. 98p. (Tese de Mestrado)

ROQUE, C.G.; CARVALHO, ME & PRADO, R.M. Fator Erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:147-156, 2001.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.439-444, set./dez. 1993.

RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.279-281, set./dez. 1986

SÁ, J.J.G; MARQUES, M.; ALVARENGA, R.C.; CURI, N. Erosividade das chuvas da Região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, 1998.

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 131-137, 1997.

SILVA, A.M. Erosividade e perdas por erosão em cambissolo e latossolo sob chuva natural, Lavras, UFLA, 2003. **(Dissertação de Mestrado)**

SILVA, W.S.; GUIMARÃES, E.C.; TAVARES, M. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba, MG. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. Editora UFLA, Lavras, MG. V.27 n.3, 2003.

TOMMASELLI, J.T.G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W.A. Erosividade da chuva da Região Oeste do Estado de São Paulo, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.269-276, 1999.

VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; DIAS JÚNIOR, M.S. Erosividade das chuvas em Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.10, n.2, p.199-209, maio/ago. 1986.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, DC, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

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