

POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS EM LAVRAS, MG: DISTRIBUIÇÃO, PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA E PERÍODO DE RETORNO

Adão Wagner Pêgo Evangelista; Luiz Gonsaga de Carvalho; Antonio Augusto Aguilar Dantas; Daniel Teixeira Bernardino

Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, awpego@ufla.br

1 RESUMO

Foi estudado o potencial erosivo das chuvas em Lavras (MG) visando à implementação do planejamento do uso da terra local. Para tanto, determinou-se o fator erosividade (R) da equação universal de perda de solo por erosão, para uma série pluviográfica de 15 anos. Seu valor calculado foi de 5403 MJ mm (ha h ano)⁻¹, o qual é esperado ocorrer no local pelo menos uma vez a cada 2,9 anos, com uma probabilidade de 34%. Os valores individuais máximos estimados para os períodos de retorno de 2, 5, 20, 50 e 100 anos foram 524, 789, 1465, 2206 e 3007 MJ mm (ha h)⁻¹, respectivamente. Nos meses de setembro a dezembro, são esperadas altas perdas de solo e água, posto que 40 % do valor anual do índice de erosividade ocorre nesse período, quando é utilizado o preparo convencional do solo e a cobertura vegetal é incipiente.

UNITERMOS: fator R, equação universal de perda de solo, conservação do solo.

EVANGELISTA, A. W. P.; CARVALHO, L. G. de; DANTAS, A. A. A.; BERNARDINO, D. T.;
RAINFALL EROSIVE POTENTIAL IN LAVRAS, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL:
DISTRIBUTION, OCCURRENCE PROBABILITY AND RETURN PERIOD

2 ABSTRACT

Rainfall erosive potential in Lavras, Minas Gerais State, has been studied to improve its land use planning. Rainfall erosivity factor (R), used in the universal soil loss equation, was calculated for a rain gauges series of 15 years. 5403 MJ mm (ha h year)⁻¹ was the calculated value and it is expected to occur at least once every 2.9 years, with a 34% occurrence probability. Maximum individual EI₃₀ values estimated for return periods of 2, 5, 20, 50 and 100 years were 524, 789, 1465, 2206 and 3007 MJ mm (ha h)⁻¹, respectively. Highest soil and water losses are expected from September to March, since 40 % of the annual erosivity index value occurs within that period, when conventional tillage is used for seedbed preparation and the canopy is incipient.

KEYWORDS: R factor, universal soil loss equation, conservation soil.

3 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é a principal causa de degradação de terras agrícolas e consiste basicamente do desprendimento e arraste das partículas do solo. O arraste de partículas da camada arável de solos agricultáveis pode reduzir sua capacidade produtiva em razão da perda da camada de solo melhor formada e com maior teor de matéria orgânica. Portanto o conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzir tais perdas são de fundamental importância para um planejamento conservacionista adequado e econômico.

A equação universal de perda de solo (EUPS) estima a erosão, em $t(\text{ha ano})^{-1}$, que poderá ocorrer em determinada área agricultada. Ela relaciona de forma diretamente proporcional todos os fatores que influenciam a erosão acelerada do solo, que são: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento e grau de declive (L e S), uso e manejo da cobertura do solo com determinada cultura (C) e práticas conservacionistas (P). Desta forma, sua utilização é de fundamental importância para o estabelecimento correto do uso e manejo do solo e, conseqüentemente, para relacionar as práticas conservacionistas de maior eficiência (Wischmeier & Smith, 1978). Dentre esses fatores, destaca-se a erosividade da chuva (fator R da EUPS), que representa o potencial da chuva e enxurrada na produção da erosão do solo. Sua determinação define a melhor época para o estabelecimento das práticas de manejo e conservação do solo (Roque et al., 2001).

Erosividade, definida como o potencial da chuva em causar erosão no solo, é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre as quais da sua quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética. Na expectativa de detalhar os estudos desse agente erosivo, a pesquisa tem demonstrado que as características da chuva que proporcionam as correlações mais elevadas com as perdas de solo são a intensidade e a energia cinética (Moreti et al., 2003)

O parâmetro de erosividade EI_{30} , desenvolvido nos EUA, tem sido calculado e testado em diversos países, no Brasil, Lombardi Neto (1977) foi o primeiro pesquisador a estudar esse parâmetro na cidade de Campinas, SP. A partir desse estudo, vários pesquisadores optaram pela adoção do modelo original da EUPS para o cálculo do fator R em outros municípios. Dedecek (1978) determinou o índice EI_{30} com base em oito anos de dados da região de Brasília, DF, encontrando um valor de $8319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Carvalho et al. (1989), trabalhando em Mococa (SP), encontraram um valor de $7747 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ referente a dezenove anos de dados de precipitação pluvial. Morais et al. (1991) determinaram os índices EI_{30} médios anuais referentes às estações de Barranquinho e Flechas, do município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso, que foram, respectivamente, de 8493 e 7830 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esses resultados, em conjunto com novos trabalhos em desenvolvimento por pesquisadores nacionais, representam um valioso banco de dados para a delimitação das linhas iso-erosivas do Brasil.

A ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência, sendo o tratamento dos dados de precipitação, para a maioria dos problemas hidrológicos e agrônômicos, estatístico (Tucci, 2000).

Período de retorno é o intervalo de tempo médio em anos que uma variável aleatória possa ser igualada ou superada pelo menos uma vez e a frequência com que esse evento possa também ser igualado ou superado uma vez num determinado período de anos é o inverso do período de retorno (Tucci, 2000).

O valor da frequência é igual ao da probabilidade teórica, para períodos de retorno bem menores que o número de anos de observações da série utilizada. No caso de períodos de

retorno altos, adota-se o procedimento da distribuição de frequência estimada por uma lei de probabilidade teórica, possibilitando um cálculo mais preciso da probabilidade (HOLTZ, 1976). Em geral, as distribuições de valores extremos máximos de Gumbel, Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III e Log-Pearson tipo III tem sido as mais utilizadas.

Devido à grande dificuldade na obtenção de dados pluviográficos no Brasil, a maioria dos estudos que necessitam dessas informações, possui séries inferiores àquela recomendada pela Organização Mundial de Meteorologia, que é de 30 anos.

Objetivando determinar curvas de intensidade, duração e frequência de precipitação para o estado da Pennsylvania (EUA), Aron et al. (1987) utilizaram séries históricas de 10 anos de extensão. Já Button & Bem-Asher (1983) utilizaram uma série de oito anos para obtenção da relação entre intensidade, duração e frequência, na região de Avdat, Israel.

Pfafstetter (1957) utilizou, em estudo pioneiro sobre chuvas intensas no Brasil, 98 estações pluviográficas distribuídas em diversas regiões do País, na qual foram utilizadas séries com extensão de até 2,54 anos. Nesse estudo, apenas 9,2% das estações pluviográficas possuíam série com extensão igual ou superior a 30 anos e 19,4% das séries possuíam extensão inferior a 10 anos.

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: (a) determinar os índices EI₃₀ mensais e anuais em Lavras (MG), no período de 1987 a 1989 e 1992 a 2003; (b) avaliar a distribuição anual e mensal do índice de erosividade local; e (c) determinar as probabilidades de ocorrência e períodos de retorno dos índices anuais de erosividade e de seus valores máximos anuais para as chuvas individuais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com dados de pluviogramas para o período de 1987 a 1989 e 1992 a 2003, obtidos da Estação Climatológica Principal da cidade de Lavras, MG, pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A cidade de Lavras localiza-se na região sul do Estado de Minas Gerais, à altitude de 918,8 m (Estação Climatológica), latitude sul 21°14' e longitude oeste de 45°00'. Segundo a classificação de Köppen, o clima é Cwa. A temperatura média anual do ar é de 19,4 °C e o total anual de precipitação pluvial de 1530 mm (BRASIL, 1992).

Com a finalidade de testar a homogeneidade da série de dados de precipitação, utilizou-se o método run test (Tucci, 2000).

O pluviógrafo utilizado, tipo sifão IH, registra incrementos sucessivos e o volume total de chuva, com autonomia para registrar chuvas ocorridas num intervalo de 24 h, sendo movido a corda por meio de um mecanismo de relógio. As chuvas individuais erosivas estudadas (Cabeda, 1976; Wischmeier & Smith, 1978) foram obtidas em pluviograma do modelo CED-RE-843, no qual são registrados o volume de chuva e o tempo de ocorrência, respectivamente, na ordenada e na abscissa. Sua amplitude de registro varia de zero a 10 mm de precipitação, com unidade de 0,1 mm, durante 24 h com unidade de 10 em 10 mm.

Sobre os pluviogramas, procedeu-se à separação das chuvas individuais erosivas, seguindo o critério de Cabeda (1976) e Wischmeier & Smith (1978), com modificações sugeridas por Carvalho (1989), relacionadas a seguir: (a) foram selecionadas as chuvas que apresentaram uma lâmina igual ou maior que 10,0 mm, e (b) foram também selecionadas as chuvas que apresentaram uma lâmina menor que 10,0 mm, caso sua lâmina em 15 min fosse

igual ou maior que 6,0 mm. A seguir, efetuou-se a identificação das chuvas nos pontos de inflexão da intensidade, para posterior digitalização e processamento.

A energia cinética total da chuva e a sua intensidade máxima em trinta minutos, I_{30} , foram obtidas pelo programa desenvolvido por Cataneo et al. (1982), segundo o método de Wischmeier & Smith (1978). Para calcular a energia cinética, foi utilizada a equação de Wischmeier & Smith (1978), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por Foster et al., (1981), dada por:

$$E = 0,119 + 0,0873 \text{Log}(I) \quad (1)$$

em que:

E = energia cinética da chuva no segmento (MJ (ha mm)^{-1});

I = intensidade da chuva (mm h^{-1}); e,

Log = logaritmo decimal.

A intensidade máxima em trinta minutos foi obtida conforme a expressão proposta por Carvalho (1987):

$$I_{30} = \frac{L_i}{0,5}$$

(2)

em que I_{30} é a intensidade máxima da chuva em 30 min, (mm h^{-1}) e L_i a lâmina máxima precipitada durante um intervalo de tempo de 30 minutos consecutivos, no decorrer da chuva.

Quando a duração total da chuva foi menor que 30 minutos, I_{30} foi considerado igual ao dobro da lâmina total precipitada (Wischmeier & Smith, 1978).

Para $I > 76 \text{ mm h}^{-1}$ utilizou-se o valor de $0,283 \text{ MJ (ha mm)}^{-1}$ para E (Foster et al., 1981).

Seguindo o método de Wischmeier & Smith (1978), o índice de erosividade EI_{30} (MJ (ha mm h)^{-1}) de cada chuva individual erosiva foi calculado pela multiplicação da energia cinética pela sua intensidade máxima em 30 min (mm h^{-1}). O EI_{30} mensal foi calculado pela adição dos valores desse índice para todas as chuvas individuais erosivas que ocorreram em cada mês do ano, cuja soma, por sua vez, caracterizou o EI_{30} anual. A média anual desse índice, determinada nos anos de 1987 a 1989 e 1992 a 2003, representou o fator R de Lavras nesse período de 15 anos.

O período de retorno, a probabilidade de ocorrência e o valor teórico do índice de erosividade para determinado período de retorno foram obtidos pelas equações 3, 4 e 5, respectivamente, a seguir descritas:

$$T = \frac{N+1}{m}$$

(3)

em que:

T = período de retorno, no qual o índice de erosividade é igualado ou superado;

N = número de anos de registro de dados; e,

m = número de ordem do índice de erosividade.

$$P_r = \frac{100}{T}$$

(4)

em que, P_r é a probabilidade de ocorrência.

A estimativa do valor teórico do evento climatológico pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$X_c = X(1 + C_v K) \quad (5)$$

em que:

X_c = valor teórico do índice de erosividade para determinado período de retorno;

X = média aritmética dos índices de erosividade;

C_v = coeficiente de variação dos índices de erosividade; e,

K = fator de frequência do índice de erosividade para o período de retorno desejado.

Foi utilizado papel de probabilidade para plotar os valores dos índices de erosividade observados. Dessa forma, os valores dos índices anuais de erosividade, para qualquer período de retorno desejado, ou vice-versa, podem ser facilmente obtidos por meio da leitura direta na curva de distribuição de probabilidade ou calculados por meio da equação 5.

Utilizando o programa estatístico SAS (Schlotzhaver & Littell, 1997), procedeu-se o ajuste das funções dos seguintes tipos: linear, potencial, exponencial, quadrática, Log-Normal a dois e três parâmetros e Pearson tipo III aos dados de erosividade médios mensais e anuais. 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.

Os valores dos índices EI_{30} médios mensais foram divididos pelo seu valor médio anual, encontrando-se os respectivos valores relativos mensais. Esses valores, transformados em percentagens, foram plotados numa curva de distribuição mensal em um gráfico no qual a ordenada representa a percentagem acumulada do EI_{30} para cada mês, e a abscissa, os meses do ano.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio do teste de homogeneidade empregado, (run test) indicaram que a série de dados de precipitação utilizada é homogênea.

Na Tabela 1 observam-se os valores mensais, anuais e médios de erosividade determinados segundo a equação de energia cinética propostas por Wischmeier & Smith (1978). Os resultados mensais apresentaram elevados coeficientes de variação para os meses de junho, julho e agosto, entretanto, estes resultados são normais, tratando-se de meses de baixa precipitação na região de Lavras, quando é comum uma maior variabilidade na ocorrência de chuvas.

No período de 15 anos de determinações da erosividade, encontrou-se, para Lavras, MG, um valor médio anual do índice EI_{30} igual a $5403 \text{ MJ mm (ha h ano)}^{-1}$, com um desvio-padrão de 951 e coeficiente de variação de 18 %. Desta forma, de acordo com a classificação de BRASIL (1997), as chuvas de Lavras são de alta erosividade. Assim, o fator erosividade da

chuva de Lavras (MG), aproxima-se dos encontrados em regiões de clima tropical como em Selvíria, MS, Barretos, SP, no litoral do estado de São Paulo e na bacia do rio paraná. Entretanto, este fator apresentou-se superior, quando comparado aos encontrados em localidades de clima semi-rido, tais como a região de Caruaru, PE, a região do Médio São Francisco, no polo de Petrolina, PE, em Patos e em Sum, no estado da Paraíba.

A distribuio relativa do ndice de erosividade (média mensal) acumulada a cada mês, sob forma de uma curva mostrada na Figura 1 indica a época do ano no qual ocorre o maior potencial das chuvas em causar erosão. Essa curva  utilizada para a determinao do fator cobertura e manejo do solo (Fator C), da equao universal de perdas do solo. Pode-se constatar que os meses de maior erosividade (setembro a março) coincidem com o segmento da curva de maior inclinao. Quanto maior for a inclinao dessa curva para determinado período, maior  o risco de erosão do solo, necessitando, portanto, de maiores cuidados de proteo, naquele período.

Tabela 1. Distribuio mensal e anual do ndice de erosividade EI₃₀ para Lavras (MG) no período de 1987 a 1989 e 1992 a 2003.

Ano	ndice de erosividade EI ₃₀ (MJ mm (ha h) ⁻¹) – mensal												Anual
	Jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	
1987	1400	900	600	95	190	45	0	0	204	51	736	1450	5672
1988	1200	850	161	104	0	0	0	0	51	331	736	528	3960
1989	1160	1551	723	79	0	212	0	0	90	0	226	1224	5263
1992	3620	391	0	0	69	0	0	0	681	323	1109	688	6883
1993	1049	1386	608	280	0	52	7	0	115	61	1100	1105	5763
1994	1636	935	1465	280	1106	80	0	0	0	613	485	1557	8158
1995	623	1633	362	0	88	0	0	0	115	336	736	1201	5094
1996	772	1831	488	249	313	103	1	71	360	502	1400	1125	7215
1997	1738	207	306	159	184	133	0	0	57	721	657	936	5098
1998	614	382	501	0	447	0	0	98	36	573	281	634	3565
1999	1064	875	1150	45	0	58	0	0	0	36	364	1276	4868
2000	2140	521	887	55	0	0	0	0	244	38	1014	964	5863
2001	386	127	432	0	200	0	0	322	75	303	1882	1044	4772
2002	278	1440	335	0	65	0	0	0	63	35	375	1039	3630
2003	2187	155	981	87	206	0	0	0	0	126	838	667	5247
Média	1325	879	600	95	191	46	1	33	139	270	796	1029	5403
Desvio	637	470	295	79	176	49	1	52	124	206	342	234	951
CV(%)	48	53	49	83	92	107	173	160	89	76	43	23	18

Analisando ainda a Figura 1, verifica-se que os alguns meses de alta erosividade coincidem com a época de preparo do solo e plantio (agosto a outubro) na região de Lavras. O alto potencial erosivo das chuvas nessas épocas do ano, aliado ao fato do solo encontrar-se sem cobertura e desagregado, particularmente, quando o preparo convencional (araes e gradagens)  utilizado, pode contribuir significativamente para grandes perdas de solo e gua. Nesse contexto, ressalta-se a necessidade da substituio do preparo convencional do solo, ainda amplamente empregado na região, pelo plantio direto, no qual a palha age como eficiente cobertura e proteo do solo, diminuindo as perdas por erosão (SILVA, 2000).

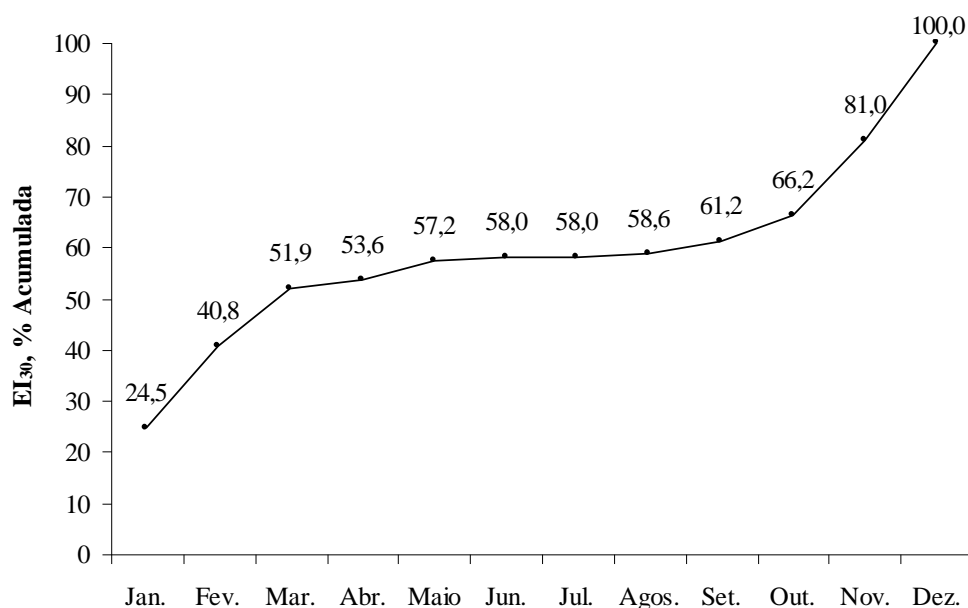


Figura 1. Distribuição relativa acumulada do índice de erosividade EI₃₀ médio mensal de Lavras (MG), durante o período de 1987 a 1989 e 1992 a 2003.

Tabela 2. Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade (EI₃₀) de Lavras, MG, durante o período de 1987 a 1989 e 1992 e 2003.

Ano	Índice de erosividade (EI ₃₀)						
	Anual (MJ mm (ha h ano) ⁻¹)	Valor máximo para chuvas individuais (MJ mm (ha h) ⁻¹)		Número de ordem m	Período de retorno T	Probab. de Ocorrência P	
		Ano	Mês				
1994	8158	1987	Jan.	1083	1	16,00	6,3
1996	7215	1988	Nov.	1079	2	8,00	12,5
1992	6883	1989	Fev.	825	3	5,33	18,8
2000	5863	1992	Dez.	675	4	4,00	25,0
1993	5763	1993	Fev.	668	5	3,20	31,3
1987	5672	1994	Out.	653	6	2,67	37,5
1989	5263	1999	Fev.	640	7	2,29	43,8
2002	5247	1995	Mar.	600	8	2,00	50,0
1997	5098	1996	Mar.	523	9	1,78	56,3
1995	5094	1997	Mar.	523	10	1,60	62,5
1999	4868	1998	Dez.	455	11	1,45	68,8
2001	4772	2000	Dez.	455	12	1,33	75,0
1988	3960	2001	Mar.	412	13	1,23	81,3
2003	3630	2002	Dez.	395	14	1,14	87,5
1998	3565	2003	Nov.	264	15	1,07	93,8
Média	5403			617			
Desvio-padrão	951			174			
C.V. (%)	17,6			28,2			

Os valores do índice EI₃₀ anual, os valores máximos para chuvas individuais, dispostos em ordem decrescente, assim como os respectivos meses de ocorrência, períodos de retorno e probabilidades de ocorrência são mostrados na Tabela 2. O valor máximo da erosividade anual (8158 MJ mm (ha h ano)⁻¹), determinado no ano de 1994, e o mínimo (3565 MJmm(há h ano)⁻¹), determinado no ano de 1998, apresentaram, respectivamente, períodos de retorno de 16 e 1,07 anos e probabilidades de ocorrência de 6,3 %, para o primeiro, e de 93,8 %, para o último.

Espera-se, portanto, com essas probabilidades, que esses valores máximos e mínimos possam ser iguais ou superados, pelo menos uma vez, a cada 16 anos e a cada 1,07 anos, respectivamente. Para um período de estudo de 23 anos, Roque et al. (2001), em Piraju, SP, encontraram 12940 e 3624 MJ mm (ha h ano)⁻¹, para os valores máximos e mínimos de erosividade anual, com períodos de retorno e probabilidades de ocorrência iguais a 24 anos e 4,2% para o máximo e 1,04 anos e 96,2 % para o mínimo. Certamente, os períodos de estudo diferentes do respectivo trabalho, assim como as diferenças climáticas existentes entre as duas regiões, contribuíram para a obtenção de valores diferentes para a erosividade encontrada por esse autor em relação aos de Lavras.

Com relação aos valores da erosividade para chuvas individuais, o valor máximo (1083 MJ mm (ha h ano)⁻¹) foi determinado no mês de janeiro de 1987, esperando-se que possa ser igualado ou superado, pelo menos uma vez a cada 16 anos, com probabilidade de 6,3 %, enquanto o valor mínimo (264 MJ mm (ha h ano)⁻¹) ocorreu no mês de novembro de 2003, podendo ser superado ou igualado, pelo menos uma vez a cada 1,07 anos, com probabilidade de 93,8 %.

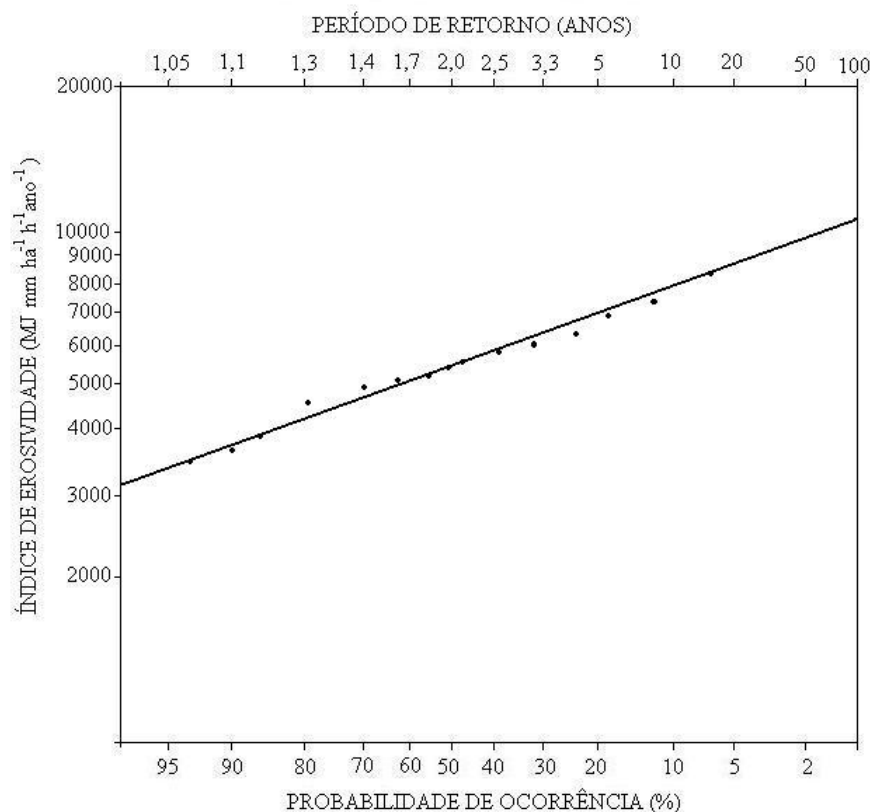


Figura 2. Curva de distribuição da probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices anuais de erosividade de Lavras (MG) entre 1987 a 1989 e 1992 a 2003.

A curva de distribuição de probabilidade dos valores anuais de erosividade de Lavras (Figura 2) seguiu o padrão Log-Normal, típico de eventos hidrológicos, (Lombardi Neto 1977; Carvalho, 1997; Roque et al., 2001). Os valores dos índices anuais de erosividade, para qualquer outro período de retorno desejado, ou vice-versa, podem ser facilmente obtidos através da leitura direta na curva de distribuição de probabilidade apresentada na Figura 3 ou calculados através da aplicação da equação 5. Assim, por exemplo, observou-se que o valor médio anual do índice EI_{30} ($5403 \text{ MJ mm (ha h ano)}^{-1}$), correspondendo ao fator R para Lavras (MG), pode ocorrer com probabilidade de 34 % e período de retorno de 2,9 anos, aproximadamente.

Os valores da erosividade para chuvas individuais estimados empregando a equação 5, para os períodos de retorno de 2, 5, 20 e 50 anos são de 524, 789, 1465 e $2206 \text{ MJ mm (ha h)}^{-1}$. Para o período de retorno de 100 anos, é esperado, para chuvas individuais, um valor máximo do índice de erosividade de $3007 \text{ MJ mm (ha h)}^{-1}$.

6 CONCLUSÕES

O fator R da Equação Universal de Perdas de Solo, em Lavras (MG), foi dimensionado no valor de $5403 \text{ MJ mm (ha h ano)}^{-1}$, caracterizando-se as chuvas desse local como de alta erosividade.

A distribuição anual das chuvas concentraram-se no primeiro e último trimestre do ano.

Os riscos de erosão aumentaram particularmente nos meses de setembro a março, visto que, nesses meses, as chuvas erosivas foram responsáveis por uma elevada parcela do valor do índice de erosividade.

Estimou-se, com uma probabilidade de 34 %, ser possível a ocorrência de um valor do índice EI_{30} anual, igual ou superior ao fator R determinado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARON, G. et al. Regional rainfall intensity-duration-frequency curves for Pennsylvania. **Water Resources Bulletin**, Herndon, v.23, n.2, p.479-485, 1987.

CABEDA, M.S.V. **Computation of storm EI values**. West Lafayette: Purdue University, 1976. 6 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de conservação da bacia do alto paraguai**. Brasília, 1997. v.1, v.2, Tomos I e II-A.

BUTTON, B.J.; BEM-ASHER, J. Intensity-duration relationships of desert precipitation at Aumat-Israël. **Journal of Arid Environments**, London, v.6, n.5, p.1-12, 1983.

- CARVALHO, M.P.; PISSARA, T.C.; PAULINO, H.B. Erosividade da chuva de Selvíria (MS): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.
- CARVALHO, M.P. et al. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, 1989.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.6, n.1 p.236-239, 1982.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa-SNLCS, 1978. p.157-161.
- FOSTER, G.R. et al. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.36, n.6, p.355-359, 1981.
- HOLTZ, A.C.T. Precipitação. In: PINTO, N.L.S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgar Blucher, 1976. p. 7-35.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1997. 53f.(Thesis of Science) - Purdue University, West Lafayette, 1977.
- MORAIS, L.F.B. et al. Índice EI₃₀ 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, 1991.
- MORETI D.; MANNIGE, 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, n. 1, p. 137-145, 2003.
- PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas, DNOS, 1957. 420 p.
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; 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**, Viçosa, v.25, n.1, p.147-156, 2001.
- SCHLOTZHAVER, S.D.; LITTELL, R.C. **SAS system for elementary statistical analysis**. 2.ed. Cary: SAS, 1997. 441 p.
- SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T.S.; et al. **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Universidade Federal do Ceará, 2000. p.169-213.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH-EDUSP, 2000. 943 p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 58 p.