

EROSIVIDADE E CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DAS CHUVAS DE VIÇOSA (MG)

ADÃO WAGNER PÊGO EVANGELISTA¹; MARCOS ANTÔNIO VIEIRA¹; MARCIANA CRISTINA DA SILVA¹ e JORGE LUIZ MORETTI DE SOUZA²

¹Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, awpego@bol.com.br, mv.agro.ufg@gmail.com, marcia.ufg@hotmail.com

²Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, jmoretti@ufpr.br

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a erosividade e as características hidrológicas das chuvas de Viçosa, MG, com base no período de 1982 a 2001. Para cada chuva erosiva foram digitados a hora e a lâmina acumulada, sendo os dados processados em planilha eletrônica, onde foram calculados o índice EI30, os totais mensais e anuais e o padrão das chuvas erosivas. Também foram construídas curvas de intensidade, duração e frequência para os padrões de chuva supracitados. Para Viçosa o valor do índice de erosividade anual é de 7.601 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ (Fator "R" da USLE). O padrão de chuvas avançado se destacou em todos os parâmetros analisados, seguido em ordem decrescente pelo padrão de chuvas intermediário e atrasado. O padrão avançado correspondeu a 60% do total de chuvas analisadas, o intermediário com 24% e o atrasado com 16%.

Palavras-chave: chuvas erosivas, energia cinética, perfil de precipitação.

EVANGELISTA, A. W. P.; VIEIRA, M. A.; SILVA, M. C. da; SOUZA, J. L. M. de
RAINFALLS EROSIVITY AND HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS IN
VIÇOSA (MG, BRAZIL)

2 ABSTRACT

The objective of this study was to determine the hydrological characteristics and erosivity of rainfalls in Viçosa, MG from 1982 to 2001. For each erosive rainfall the time, rainfall accumulated, and the processed data was entered in a spreadsheet, where the EI30 index, the total monthly and annually, and the pattern of the erosive rainfall were calculated. Rainfall graphics of intensity, duration, and frequency were made. Annual erosive index of Viçosa is 7.601 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ("R" Factor USLE). The rainfall advanced pattern presented great results to all parameters analyzed, followed in descending order by the rainfall intermediate and rainfall late. The rainfall advanced corresponded to 60% of the total rainfall analyzed, the rainfall intermediate with 24% and 16% to rainfall late.

Keywords: erosive rainfall, kinetic energy, precipitation profile.

3 INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais de extrema importância para a humanidade, podendo ter sua capacidade produtiva comprometida devido à degradação ocasionada pelo manejo inadequado e, conseqüentemente, intensificado pela erosão hídrica. Portanto, o conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam a erosão hídrica são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em uma dada região.

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região. Em regiões de clima temperado, de acordo Wischmeier & Smith (1958), o índice EI_{30} definido pelo produto entre a energia cinética da chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos, representa os efeitos do impacto das gotas de chuvas e da turbulência, combinados com a capacidade de transporte do escoamento superficial tem sido considerado o melhor estimador da erosividade da chuva, o qual vem sendo usado praticamente em todo o Brasil como parâmetro para avaliar a erodibilidade dos solos.

As estimativas anuais do índice de erosividade EI_{30} realizadas para diferentes regiões do País mostram que o seu valor varia de local para local: Mazurana et al. (2009), obteve índice de $11.217 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na região de Santa Rosa no Rio Grande do Sul, caracterizando elevado potencial erosivo das chuvas; Evangelista et al. (2006), obteve valor de $5.403 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para Lavras, região Sul do Estado de Minas Gerais; Carvalho et al. (2010), obteve valor de $5.960 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro; e, Arai et al. (2010), obteve valores entre 3.192 e $4.977 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ na bacia do Rio Dourados, Estado do Mato Grosso do Sul.

Outra importante característica da chuva relacionada com a erosão do solo é o padrão hidrológico. Para Mehl et al. (2001) as chuvas podem ser caracterizadas em padrões hidrológicos, sendo denominados avançados, intermediários e atrasados, quando o pico de maior intensidade da chuva ocorre no primeiro, segundo e terceiro terço, do período de duração total da chuva, respectivamente.

Interessantes estudos envolvendo a caracterização do padrão hidrológico das chuvas foram realizados e apresentados por Machado et al. (2008), na região de Ribeirão das Lages no estado do Rio de Janeiro e Cassol et al. (2007), Bazzano et al. (2010) e Eltz et al. (2011), em Ijuí, Encruzilhada do Sul e Rio Grande no Rio Grande do Sul. O padrão avançado ocorreu com maior frequência em todas as localidades estudadas.

Além das perdas de solo, as chuvas também causam danos em infraestrutura e obras de engenharia hidráulica. Eficientes dimensionamentos de obras hidráulicas (urbanas e rurais) e terraços agrícolas podem ser realizados quando são considerados aspectos de risco e frequência da chuva. A análise de distribuição de frequência oferece subsídios para realizar a estimativa do período de retorno de um evento extremo de chuva. Essa estimativa é extremamente importante para uma região, pois define a probabilidade com que um evento de chuva possa ser igualado ou excedido, pelo menos uma vez, em média (Eltz et al., 2011). Denardin et al. (1980) propuseram para o cálculo da intensidade máxima (I) de 14 localidades do Rio Grande do Sul, equações com duas variáveis independentes (T – período de retorno; e, t – período de duração da chuva) e quatro coeficientes de ajuste (a, b, c e d). As análises realizadas pelos autores permitiram a obtenção de altos coeficientes de determinação (R^2) para a análise de regressão múltipla.

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho foi determinar a erosividade e o padrão hidrológico de chuva para a localidade de Viçosa, MG.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Viçosa se situa entre as coordenadas 20°25' S de latitude, 42°52' W de longitude e 657 m de altitude, na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Os pluviogramas diários para o período de 20 anos (1982 a 2001) foram obtidos na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa, MG, pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Ressalta-se que o intervalo e número de anos da série foram definidos com base na disponibilidade de dados completos da série histórica.

O índice EI₃₀ foi determinado para cada chuva individual erosiva. Cada chuva individual foi separada de outra por um período mínimo de 6 h sem chuva ou com precipitação menor que 1,0 mm. Considerou-se erosiva toda chuva em que o total precipitado foi maior que 10,0 mm, ou que tenha superado 6,0 mm em um período de 15 minutos ou menos, conforme proposto por Wishmeier & Smith (1958).

Para a análise das chuvas nos pluviogramas diários, foram separados os segmentos de mesma inclinação, representando períodos de mesma intensidade. Uma planilha eletrônica foi utilizada para registrar a série de dados e a variação da intensidade e chuva acumulada. Após digitação os dados foram analisados, obtendo-se a erosividade mensal, anual e média das chuvas, pelo índice EI₃₀, seguindo o Sistema Internacional de Unidades (Foster et al., 1981).

O somatório dos índices EI₃₀ das chuvas erosivas individuais de cada mês forneceu a erosividade mensal contabilizada para todos os meses da série de anos analisados. Também foram determinadas as médias mensais da erosividade da chuva, cuja soma forneceu o EI₃₀ anual, em que a média corresponde ao fator "R" da equação universal de perdas de solos (USLE), para aplicação em Viçosa, MG.

O padrão das chuvas erosivas foi determinado de acordo com a classificação proposta por Mehl et al. (2001). A partir do momento inicial de uma chuva, os padrões estabelecidos foram: chuva de padrão avançado (AV), quando a maior intensidade ocorreu em um período de tempo menor ou igual a 30% do tempo total de sua duração; chuva de padrão intermediário (IN), quando a maior intensidade ocorreu em um período de tempo entre 30% e 60% do tempo total de sua duração; e, chuva de padrão atrasado (AT), quando a maior intensidade ocorreu após 60% do tempo total de sua duração.

Para a determinação do período de retorno das chuvas, foram anotadas as quantidades máximas de chuva ocorridas durante 10, 20, 30, 60, 120, 240 e 480 minutos, nos 20 anos estudados. Em seguida, determinou-se a intensidade de precipitação (I) das chuvas e realizou-se um ajustamento dos mesmos a uma distribuição de probabilidade Extrema Tipo I (Evangelista et al., 2006). Após o ajustamento foram calculadas a média (μ), desvio-padrão (σ), parâmetro α (parâmetro de escala) e o período de retorno para 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Para cada período de retorno foram ajustadas equações de segunda ordem, empregando o programa estatístico SAEG. As equações possuem a forma:

$$\log(I) = a + b \cdot \log(D) + c \cdot (\log(D))^2 \quad (1)$$

em que,

I = intensidade máxima de chuva (mm h⁻¹);

D = duração da chuva (h); e,

a, b, c = parâmetros de ajuste da equação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade mensal das chuvas em Viçosa (Tabela 1) variou de zero, em vários meses em que não ocorreram chuvas erosivas, até altos valores, como o verificado em dezembro de 2001 ($3.130 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), representando 36% da erosividade ocorrida no ano. No mês de fevereiro de 2001, dos onze eventos que ocorreram, apenas duas chuvas representaram 70% da erosividade. Foram chuvas altamente erosivas, que reforçam a hipótese de que os eventos extremos são geralmente, os maiores causadores dos problemas de erosão. Eltz et al. (2011), em Encruzilhada do Sul, RS, constataram que apenas dois eventos foram responsáveis por 74% da erosividade das chuvas no ano de 1969. Estudos envolvendo eventos de precipitação são importantes para os municípios. O conhecimento de sua distribuição, frequência e potencial erosivo possibilita que sejam tomadas medidas práticas de conservação do solo, prevenindo danos ambientais.

Alguns meses de alta erosividade coincidem com a época de preparo do solo e plantio (setembro a outubro) na região de Viçosa (Tabela 1). Como o solo normalmente encontrar-se sem cobertura e desagregado nesse período, particularmente, quando o preparo convencional (arações e gradagens) é utilizado, acredita-se que os eventos de chuva podem contribuir significativamente para grandes perdas de solo e água. Nesse contexto, ressalta-se a necessidade da substituição do preparo convencional do solo, ainda amplamente empregado na região, pelo plantio direto, no qual a palha age como eficiente cobertura e proteção do solo, diminuindo as perdas por erosão. Chuvas com alto potencial erosivo no período de primavera-verão também foram encontrados em Minas Gerais por Evangelista et al. (2006), em Lavras, e Silva et al. (2010), na região Centro Leste do Estado.

A erosividade anual de Viçosa variou entre $5.398 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, em 1993, a $9.694 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, em 1991 (Tabela 1). O valor médio de erosividade obtido para os 20 anos da série de dados pluviográficos foi de $7.601 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Esse valor representa o fator “R” da USLE, e pode ser utilizado com segurança para localidades próximas à Viçosa, MG, possuindo características climáticas semelhantes. Valor de erosividade anual próximo ao determinado para Viçosa também foi obtido para Santa Maria, RS (Cogo et al., 2006) sendo de $7.760 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Entretanto valores superiores ao encontrado para Viçosa foram obtidos por Bazzano et al. (2007), em Quarai (RS), ($9.292 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e por Almeida et al. (2011) para Cuiabá, MT ($8.810 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto para Lavras no sul do estado de Minas Gerais, Evangelista et al. (2006) obteve valor relativamente inferior ($5.403 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

Tabela 1. Valores mensais e anuais do índice de erosividade para Viçosa (MG), no período de 1982 a 2001.

Ano	Índice de erosividade EI ₃₀ (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)												
	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Ano
1982	0	0	1749	83	0	177	0	0	631	347	782	2818	6587
1983	1247	1817	1500	956	867	0	285	0	713	0	1142	0	8527
1984	288	84	274	22	0	0	0	56	169	353	2108	2352	5704
1985	1401	1366	1685	204	302	0	0	101	508	628	1543	1870	9609
1986	2212	136	450	196	796	0	91	373	0	0	1144	2033	7431
1987	580	118	1645	929	355	0	0	0	139	49	1275	2244	7333
1988	1207	511	481	1445	0	0	0	0	164	258	1203	2059	7328
1989	327	372	1502	436	0	289	310	0	357	1052	1779	1936	8360
1990	1901	1115	427	77	280	9	9	0	219	262	1380	1175	6852
1991	1801	1012	889	399	171	0	0	0	344	1493	2013	1573	9694
1992	1628	826	59	1519	330	0	0	0	67	81	1810	1534	7854
1993	1466	165	726	0	0	0	0	0	0	880	0	2162	5398
1994	2523	0	1643	835	127	0	0	0	0	443	998	2015	8585
1995	521	600	2320	272	167	0	0	0	0	369	2069	2083	8401
1996	67	555	333	1443	199	0	0	0	656	974	1845	0	6073
1997	1930	598	1682	77	0	136	0	0	0	832	746	1975	7978
1998	902	1152	116	173	895	0	0	535	0	686	795	940	6195
1999	0	405	2742	143	0	0	0	0	87	911	2271	357	6915
2000	1942	1665	637	127	0	0	0	326	418	545	1442	1492	8595
2001	343	360	1508	119	421	0	0	0	242	1012	3130	1468	8603
Média	1114	643	1118	473	246	31	35	70	236	559	1474	1604	7601
Desvio	700	445	679	429	228	51	58	106	198	344	530	590	1019
CV(%)	63	69	61	91	93	167	167	152	84	62	36	37	13

Padrões de chuva

No período entre 1982 e 2001 foram totalizados 651 eventos de chuvas erosivas em Viçosa (Tabela 2). Os padrões de chuvas registradas nos pluviômetros evidenciaram que 391 (60%), 157 (24%) e 103 (16%) chuvas erosivas estiveram compreendidas no padrão avançado, intermediário e atrasado, respectivamente.

Tabela 2. Padrões avançado (AV), intermediário (IN) e atrasado (AT) de chuvas, determinados em Viçosa, MG, no período de 1982 a 2001.

Resultados	AV	IN	AT	Total	Média
Número de chuvas erosivas	391	157	103	651	-
Porcentagem em relação ao total (%)	60	24	16	100	-
Intensidade média dos picos (mm h ⁻¹)	46,15	36,16	40,61	-	40,97

O padrão avançado se caracteriza pelo pico e maior intensidade no primeiro terço da chuva. Do ponto de vista conservacionista (erosão), o maior número de ocorrência de chuvas nesse padrão (60% do total) é, até certo ponto, benéfico, uma vez que no início da chuva o solo se encontra com menor umidade e pode absorver mais água. Eltz et al. (2011), trabalhando com simulador de chuva em um Argissolo Vermelho-Amarelo, observaram maior perda de solo em chuvas de padrão atrasado em relação às perdas de solo das chuvas de padrão intermediário e avançado. No entanto, os autores não observaram diferenças significativas nos resultados, o que foi explicado pelas condições de alteração da superfície e umidade do solo no decorrer da chuva. No padrão atrasado, quando ocorre o pico de máxima intensidade, o solo está com maior umidade (em relação aos outros padrões), favorecendo a desagregação, selamento superficial e transporte das partículas de solo, ocorrendo maiores perdas.

As precipitações máximas absolutas (mm) ocorridas no período entre 1982 e 2001 (Tabela 3), para as durações de 10, 20, 30 e 240 minutos, foram maiores no padrão avançado. Nas durações de 60 e 120 minutos, no mesmo período, as precipitações máximas ocorrem no padrão atrasado e, apenas na duração de 480 minutos houve precipitação máxima no padrão intermediário.

Tabela 3. Precipitações máximas (mm) no período entre 1982 e 2001, para os padrões de chuva avançado (AV), intermediário (IN) e atrasado (AT), com durações de 10, 20 30, 60, 120, 240 e 480 minutos.

Padrão de chuva	Duração da chuva (minutos)						
	10	20	30	60	120	240	480
Avançado (AV)	57	69,2	55	54,6	58,6	95,88	115,84
Intermediário (IN)	32	50,5	24,27	36,7	44,78	72,03	199,09
Atrasado (AT)	14,81	17,63	18,04	69,5	108,9	32,31	32,31

Para qualquer padrão de chuva, à medida que os tempos de duração aumentam as precipitações também aumentam. Logo, verificou-se nas análises que houve predomínio do padrão avançado das chuvas. Porém, é importante observar que os eventos extremos se distribuíram entre os três padrões de chuvas, com probabilidade de consequências mais graves com as ocorrências de precipitação máxima nos padrões intermediário e atrasado.

Os valores de intensidades médias e os respectivos desvios padrão que deram origem aos parâmetros u e α da função de densidade de probabilidades Extrema Tipo I estão apresentados na Tabela 4.

A intensidade média das chuvas no padrão avançado foi maior que a intensidade média do padrão de chuvas intermediário, que por sua vez, foi maior que a do padrão atrasado, exceto no padrão intermediário, com duração de 480 minutos (Tabela 4). Os desvios padrão foram maiores para as chuvas de padrão avançado, com durações de 10, 20 e 30 minutos e o padrão intermediário obteve desvios padrão maiores nas durações de 60, 120, 240 e 480 minutos. Com base nos resultados, pode-se afirmar que em Viçosa é passível de ocorrência de enchentes e deslizamentos de solo. Desta forma, especial acurácia no planejamento das obras hidráulicas da região serão necessárias, para evitar a ocupação de áreas tidas como prolongamento de cursos d'água assim como áreas de encosta. A preservação dos sistemas de drenagem, que podem auxiliar as cidades contra as inundações e deslizamentos tornam-se itens fundamentais no planejamento.

Tabela 4. Intensidade média (μ), desvio padrão (σ) e parâmetros α e u da função de densidade de probabilidade Extrema Tipo I, para diferentes durações da chuva, nos padrões avançado, intermediário e atrasado.

Duração (minuto)	Parâmetros estatísticos			
	μ	σ	α	u
	(mm h ⁻¹)		(adimensional)	
Padrão avançado				
10	140,26	71,62	0,01791	108,83
20	74,77	42,35	0,03029	55,71
30	56,99	28,10	0,04565	44,34
60	28,53	7,52	0,17051	25,15
120	17,01	4,63	0,27700	14,93
240	10,51	4,16	0,30821	8,64
480	4,84	2,74	0,46814	3,61
Padrão intermediário				
10	39,05	47,81	0,02683	17,53
20	30,85	34,21	0,03749	15,46
30	20,12	13,11	0,09781	14,22
60	14,36	8,97	0,14295	10,32
120	9,84	4,96	0,25866	7,60
240	7,76	4,55	0,28198	5,71
480	5,18	5,49	0,23367	2,71
Padrão atrasado				
10	24,95	28,56	0,04491	12,10
20	12,16	13,41	0,09564	6,12
30	9,89	9,29	0,13800	5,71
60	8,14	6,53	0,19655	5,20
120	4,74	3,73	0,34412	3,07
240	3,75	2,18	0,58826	2,77
480	1,97	1,99	0,64494	1,08

No ambiente rural é fundamental que haja estudos que subsidiem o uso e ocupação do solo de forma sustentável, respeitando as restrições ambientais, e empregando práticas

conservacionistas para preservar os mananciais hídricos dos efeitos do assoreamento. Cassol et al. (2007) comenta que os picos de chuva de maior intensidade nas fases intermediária e atrasada podem acarretar maior escoamento superficial com conseqüente aumento nas perdas de solo.

Os resultados das análises de intensidade da chuva considerando diferentes durações e períodos de retorno, utilizando a distribuição Extrema Tipo I, podem ser visualizados na Tabela 5. Nas análises realizadas no município de Viçosa, observou-se que as chuvas enquadradas no padrão avançado, apresentaram as maiores intensidades máximas esperadas para todas as durações e períodos de retorno estudados.

Tabela 5. Intensidade máxima de chuva para diferentes durações de chuva e períodos de retorno, nos padrões avançado, intermediário e atrasado.

Duração (minuto)	Intensidade máxima de chuva (mm h^{-1}) para os períodos de retorno					
	2	5	10	20	50	100
Anos						
Padrão avançado						
10	129,6	192,9	234,8	275,0	327,0	366,0
20	68,5	105,9	130,7	154,4	185,2	208,3
30	52,8	77,6	94,1	109,8	130,3	145,6
60	27,4	34,1	38,5	42,7	48,1	52,2
120	16,3	20,4	23,1	25,7	29,1	31,6
240	9,9	13,6	16,0	18,3	21,4	23,6
480	4,4	6,9	8,5	10,0	12,0	13,5
Padrão intermediário						
10	31,9	74,2	102,2	129,0	163,7	189,8
20	25,8	56,0	76,0	95,2	120,1	138,7
30	18,2	29,8	37,4	44,8	54,3	61,5
60	13,0	21,0	26,2	31,2	37,8	42,6
120	9,1	13,5	16,4	19,2	22,8	25,5
240	7,1	11,1	13,8	16,3	19,6	22,1
480	4,4	6,9	8,3	9,6	11,4	12,7
Padrão atrasado						
10	20,7	45,9	62,7	78,7	99,4	115,0
20	10,2	22,0	29,9	37,4	47,1	54,4
30	8,5	16,7	22,2	27,4	34,1	39,2
60	7,2	12,9	16,8	20,4	25,2	28,7
120	4,2	7,5	9,7	11,8	14,5	16,5
240	3,4	5,4	6,6	7,8	9,4	10,6
480	1,7	3,4	4,6	5,7	7,2	8,2

Na Tabela 6 podem ser visualizados os parâmetros a, b e c, obtidos em uma análise de regressão com a Equação 1. O ajuste da equação permitiu a determinação da intensidade máxima esperada de chuva, no intervalo de duração de chuva e períodos de retorno estudados. Para fins de comparação, os períodos de retorno para uma chuva de 15 mm h^{-1} e duração de 30 minutos foram calculados, no padrão avançado, intermediário e atrasado. Obteve-se como resultado períodos de retorno de 1,02, 1,66 e 29,73 anos para os padrões, avançado, intermediário e atrasado, respectivamente. O padrão de chuva avançado apresentou um período de retorno menor em relação aos outros, em decorrência do maior número de eventos

chuvosos compreendidos para o referido padrão, tendo maior probabilidade de ocorrer chuvas de alta intensidade.

Tabela 6. Parâmetros (a, b, e c) e coeficientes de determinação (R^2) obtidos para a equação 1, considerando diferentes durações de chuva e períodos de retorno, para os padrões avançado, intermediário e atrasado de chuvas.

Período de retorno (anos)	Parâmetros da equação 1			R^2
	a	b	c	
(adimensional)				
Padrão avançado				
2	1,44974	-0,81928	0,03999	0,999
5	1,59654	-0,92124	0,04525	0,998
10	1,66966	-0,97390	0,09185	0,997
20	1,72816	-1,01900	0,13270	0,996
50	1,79197	-1,07092	0,18031	0,996
100	1,83329	-1,10564	0,21232	0,995
Padrão intermediário				
2	1,13616	-0,52128	-0,04880	0,988
5	1,36160	-0,63163	0,04810	0,996
10	1,46642	-0,66535	0,06213	0,991
20	1,54784	-0,68722	0,06725	0,955
50	1,63457	-0,70775	0,06895	0,951
100	1,68988	-0,71903	0,06905	0,950
Padrão atrasado				
2	0,74885	-0,55798	0,20628	0,977
5	1,01898	-0,62849	0,24831	0,992
10	1,13581	-0,64676	0,25574	0,994
20	1,22450	-0,65761	0,25946	0,995
50	1,31765	-0,66681	0,26222	0,995
100	1,37635	-0,67167	0,26353	0,996

As Figuras 1, 2 e 3 permitem a visualização das curvas de períodos de retorno dos padrões avançado, intermediário e atrasado de chuvas, em Viçosa (MG), considerando a intensidade e duração das mesmas. Os parâmetros utilizados para construção das mesmas, encontram-se na Tabela 6.

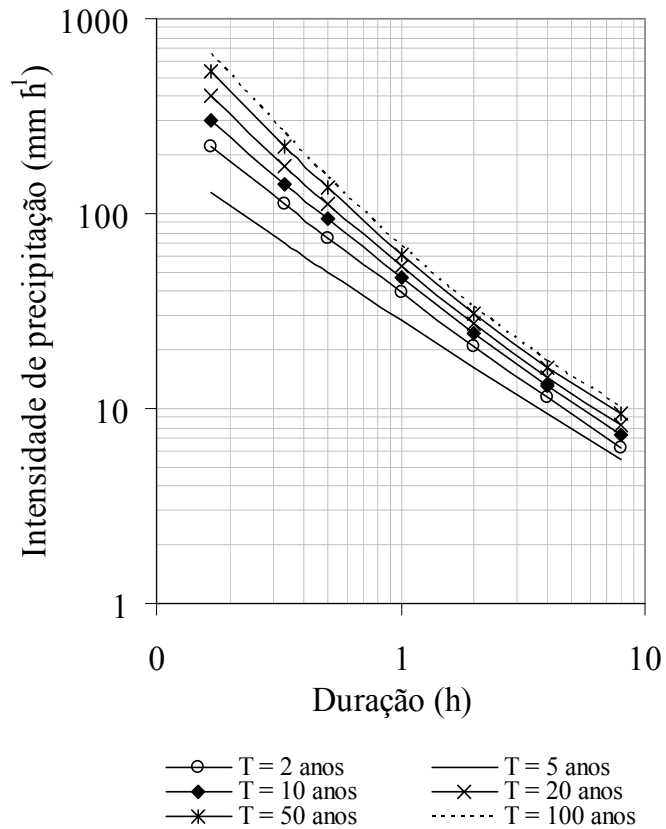


Figura 1. Períodos de retorno do padrão avançado de chuvas, em Viçosa (MG), considerando a intensidade e duração das mesmas.

As Figuras 1, 2 e 3 são interessantes, pois permitem estimar diretamente a intensidade, a duração e o período de retorno das chuvas. Dentro das amplitudes de duração, intensidade e períodos de retorno estudados é importante observar que as interpolações podem ser feitas. Para extrapolações fora dos limites testados no presente estudo a confiabilidade é menor e não recomendada.

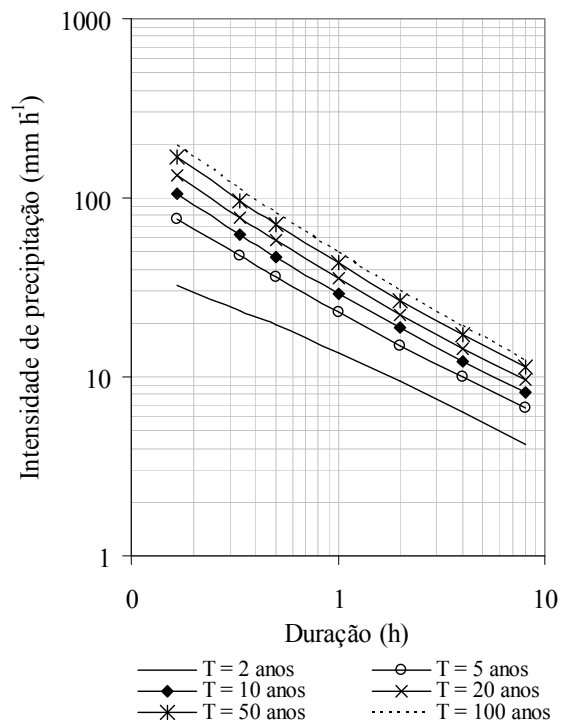


Figura 2. Períodos de retorno do padrão intermediário de chuvas, em Viçosa (MG), considerando a intensidade e duração das mesmas.

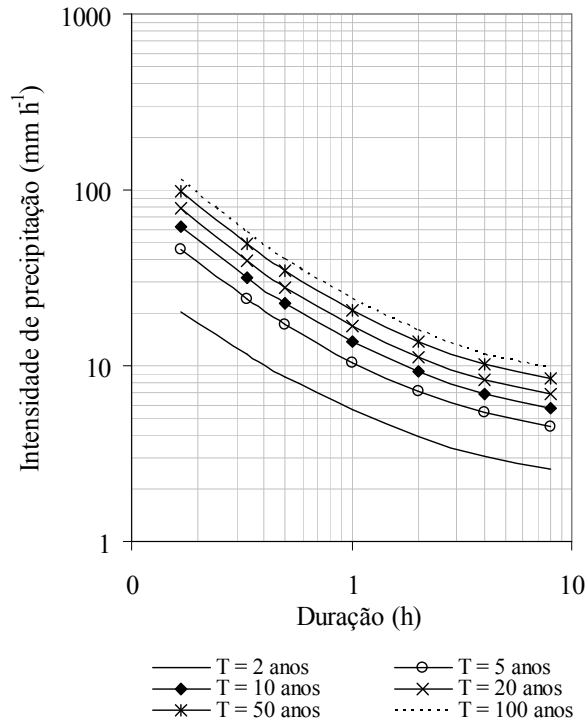


Figura 3. Períodos de retorno do padrão atrasado de chuvas, em Viçosa (MG), considerando a intensidade e duração das mesmas.

6 CONCLUSÕES

O valor do fator R da equação universal de perdas de solo (USLE) para a localidade de Viçosa, MG, é de $7.601 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

O padrão de chuva de maior ocorrência na região de Viçosa é o avançado (60%), seguido dos padrões intermediário (24%) e atrasado (16%).

Os maiores valores de precipitações máximas absolutas e intensidades médias e máximas esperadas ocorreram predominantemente no padrão avançado, seguido pelos padrões atrasado e intermediário.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.O.S.; AMORIM, R.S.S.; COUTO, E.G. ; ELTZ, F.L.F.; BORGES, L.E.C. Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.2, p.178-184, 2011.
- ARAI, F.; GONÇALVES, G.G.G.; PEREIRA, S. B.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.V. Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, 2010.
- BAZZANO, M.G.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quarai, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p.1205-1217, 2007.
- BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.1, p.235-244, 2010.
- CARVALHO, D.F.; MACHADO, R.L.; EVANGELISTA, A.W.P.; KHOURY JÚNIOR, J.K.; SILVA, L.D.B. Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI30 e KE>25 em Seropédica - RJ. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.244-252, 2010.
- COGO, C.M.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade das chuvas em Santa Maria, RS, determinada pelo índice EI30. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.14, n.3, p.309-317, 2006.
- CASSOL, E.A., MARTINS, D.; ELTZ, F.L.F., LIMA, V.S.; BUENO, A.C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.15, n.3, p. 220-231, 2007
- DENARDIN, J.E.; FREITAS, P.L.; WUNSCH, W.A.; WENDT, W. Características fundamentais da chuva no Brasil. I. Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.4, p.419-421, 1980.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.331-337, 2011.

EVANGELISTA, A.W.P.; CARVALHO, L.G.; DANTAS, A.A.A.; BERNARDINO, D.T. Potencial erosivo das chuvas em Lavras - MG: distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.1, p.1-11, 2006.

FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAEUR, W.C. Conversion of the Universal Soil Loss Equation to SI units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Batimore, v.36, n.1, p.335-359, 1981.

MACHADO, R.L.; CARVALHO, D.F.; COSTA, J.R.; OLIVEIRA NETO, D.H.; PINTO M.F. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p. 2113-2123, 2008.

MAZURANA, J.; CASSOL, E.; SANTOS, L.C.; ELTZ, F.L.F.; BUENO, A.C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, suplemento, p. 975-983, 2009.

MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÉ, I.A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.2, p.475-483, 2001.

SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SANTOS, G.R.; GRANATE DE SÁ, J.J.; MARQUES, M.; MENEZES, M.D.; LEITE, F.P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1029-1039, n.4, 2010.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction American Geophysical Union**, Washington, v.39, p.285-291, 1958.