

**PADRÕES DE CHUVA E VARIABILIDADE
ESPACIAL DA EROSIVIDADE PARA O SUL
MINAS GERAIS**

REGIMEIRE FREITAS AQUINO

2005

REGIMEIRE FREITAS AQUINO

**PADRÕES DE CHUVA E VARIABILIDADE ESPACIAL DA
EROSIVIDADE PARA O SUL DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Marx Leandro Naves Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Aquino, Regimeire Freitas

Padrões de chuva e variabilidade espacial da erosividade para o Sul do Estado de Minas Gerais / Regimeire Freitas Aquino. -- Lavras : UFLA, 2005.

95 p. : il.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Erosividade. 2. Padrões de Chuva. 3. Erosão hídrica. 4. Período de Retorno. 5. Sul de Minas Gerais. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.45

REGIMEIRE FREITAS AQUINO

PADRÕES DE CHUVA E VARIABILIDADE DA EROSIVIDADE PARA O SUL DE MINAS GERAIS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de julho de 2005

Prof. Carlos Rogério Mello

UFLA

Prof. Mozart Martins Ferreira

UFLA

Prof. Nilton Curi

UFLA

Prof. Marx Leandro l
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

1 INTRODUÇÃO

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado através de índices de erosividade que se baseiam nas características das chuvas de cada região. Wischmeier & Smith (1958) concluíram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas de chuva, desagregação do solo, turbulência do fluxo e transporte das partículas.

Dentre os diferentes fatores de determinação da erosividade das chuvas no Brasil, o índice EI_{30} tem sido amplamente utilizado por vários pesquisadores, por apresentar boa correlação com as perdas de solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Oliveira Júnior & Medina, 1990; Moraes et al., 1991; Rufino et al., 1993; Marques et al., 1996; Silva et al., 2000; Roque et al., 2001).

Segundo Foster et al. (1981) a erosividade da chuva para os EUA apresenta valores na ordem de $300 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região oeste, $2.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região central e $8.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região sudeste, sendo classificadas como baixa, moderada e alta, respectivamente.

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões, que de acordo com Cogo (1988), apresentam uma amplitude de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Dentre os estudos de erosividade, podem-se destacar os de Dedecek (1978) em Brasília (DF), que determinou o índice de erosividade, encontrando um valor de $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Utilizando dados de precipitação para um período de 22 anos, Val et al. (1986) avaliaram a erosividade das chuvas no Município de Lavras, MG, por meio do índice EI_{30} , obtendo o valor de $6.837 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Carvalho et al. (1989), em Mococa (SP), encontraram um valor de $7.747 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para

OFEREÇO

À minha filha Maria Fernanda e ao meu marido Gustavo, pelo carinho, paciência, compreensão, incentivo e, principalmente, pelo amor com que sempre me distinguiram em todos os momentos.

DEDICO

A Deus, por ter me dado força nessa caminhada.

Aos meus pais: Maria das Graças e Reginaldo, pelo carinho, apoio, incentivo e pelo exemplo de vida.

Aos meus irmãos: Carolina e Reginaldo e aos meus cunhados: Brigitte, Leandro e Paula. A vocês ofereço com carinho mais esta conquista, como forma de reconhecimento por tudo quanto sempre recebi.

Aos meus sogros: Maria Tereza e Fernando, pela força, incentivo, valiosos conselhos e, sobretudo, pela amizade.

Aos meus amigos: Natalino, Fabiana, Cezar e aos meus Orientadores: Marx e Carlos Rogério pela amizade, incentivo, compreensão e, principalmente, grande ajuda em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade de aprimoramento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de estudo.

Ao Instituto de Meteorologia de Minas Gerais (INMET – MG) e a Agência Nacional de Águas (ANA) pela concessão dos pluviogramas do município de Lavras, MG e o banco de dados de precipitações do Sul do estado de Minas Gerais, respectivamente.

Ao Professor Marx Leandro Naves Silva pela confiança, orientação e oportunidade de trabalho. Ao Professor Carlos Rogério de Mello pelas críticas e sugestões apresentadas à dissertação, ensinamentos e disponibilidade. Aos Professores Mozart e Nilton Curi pela participação na banca e contribuições. A todos os Professores do DCS/UFLA pelo suporte durante todo o curso de mestrado e condução de trabalhos.

Aos alunos de iniciação científica (PIBIC/CNPq) Junior e Gabriela pelo auxílio na tabulação dos dados pluviográficos.

Aos amigos: Natalino, Fabiana, Cezar, Antônio Claret, Silvana, Antônio Marcos, Sergio Gualberto pelo apoio, oportunidade de trabalho, contribuições, amizade. A cada um dos contemporâneos do curso de pós-graduação e alunos de iniciação científica (DCS/UFLA), pelo apoio, contribuição e agradável convivência.

A cada um dos funcionários do DCS/UFLA, em especial a Joyce e Maria Alice pelo auxílio e bons momentos vivenciados.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	01
CAPÍTULO 1.....	03
1 Resumo.....	04
2 Abstract.....	05
3 Introdução.....	06
4 Material e Métodos.....	09
5 Resultados e Discussão.....	12
6 Conclusões.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 2.....	24
1 Resumo.....	25
2 Abstract.....	26
3 Introdução.....	27
4 Material e Métodos.....	30
5 Resultados e Discussão.....	32
6 Conclusões.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
CAPÍTULO 3.....	41
1 Resumo.....	42
2 Abstract.....	43
3 Introdução.....	44
4 Material e Métodos.....	47
5 Resultados e Discussão.....	54
6 Conclusões.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
CAPÍTULO 4.....	63
1 Resumo.....	64
2 Abstract.....	65
3 Introdução.....	66
4 Material e Métodos.....	70
5 Resultados e Discussão.....	74
6 Conclusões.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

RESUMO GERAL

AQUINO, Regimeire Freitas. 2005. Padrões de chuva e variabilidade espacial da erosividade para o Sul de Minas Gerais. 95. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A erosão hídrica está entre os principais fatores que podem afetar a sustentabilidade de sistemas agrícolas. Os objetivos deste trabalho foram: determinar a erosividade (EI_{30}) e os padrões de chuvas erosivas para o período de 1986 a 2004; determinar as perdas de solo em Cambissolo háplico Tb distrófico típico (CXbd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), submetidos a três padrões de chuvas erosivas naturais; e estudar a aplicação de cinco modelos de probabilidades para estimativa das erosividades mensais e anuais para Lavras, MG. Determinou-se, também, o comportamento espacial da erosividade no Sul de Minas Gerais. O valor da erosividade média anual encontrada para o período estudado para Lavras, MG foi de $5.634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, classificada como alta, com predominância do padrão de chuva avançado. As maiores perdas de solo foram observadas para o padrão de chuva avançado, notadamente para o CXbd. As distribuições Gama e Gumbel foram as que produziram as menores quantidades de séries não adequadas, recomendando-se, assim, que seja feita uma verificação prévia da melhor distribuição para cada período da série estudada. Observou-se que a região Sul de Minas Gerais apresenta elevados índices de erosividade, os quais mostraram-se fortemente influenciados pelas condições topográficas.

*Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Orientador), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA (Co-orientador) e Nilton Curi – DCS/UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

AQUINO, Regimeire Freitas. 2005. Rainfall patterns and spatial variability of erosivity for the South of Minas Gerais state. 95. Dissertation (Master Program in Soils and Nutrition of Plants) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The water erosion is among the main factors that can affect the sustainability of agricultural systems. The objectives of this work were: to determine the erosivity (EI_{30}) and the patterns of erosive rains for the 1986 to 2004 period; to determine the soil losses for typic dystrophic Tb Haplic Cambisol (CXbd) and typic dystroferric Red Latosol (LVdf) submitted to three patterns of natural erosive rains; and to study the application of five probability models for estimating the month and annual erosivities for Lavras, MG. Also the spatial behavior of erosivity for the South of Minas Gerais was determined. The value of the annual average erosivity for the studied period for Lavras (MG) was $5,634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$, classified as high, with dominance of advanced rain pattern. The higher soil losses were observed for the advanced rain pattern, mainly for the CXbd. The Gamma and Gumbel distributions produced the smaller quantities of non-adequate series, suggesting that a previous verification of the best distribution for each period of the studied series should be done. It was observed that indices of erosivity, which showed to be strongly influenced by the topographic conditions.

Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Major Professors, Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA and Nilton Curi –DCS/UFLA.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A erosão hídrica é tida como um dos principais fatores de desagregação do solo e redução da produtividade das culturas, além de assorear e comprometer a qualidade de recursos hídricos nos mananciais. As perdas de solo e água por erosão hídrica dependem da interação entre clima, solo, topografia, cobertura vegetal e do sistema de manejo do solo adotado. O conhecimento e o monitoramento dos fatores que influenciam a erosão hídrica, por meio de modelos preditivos, são fundamentais para garantir a produtividade e o uso sustentável dos recursos naturais.

A erosividade é o resultado da ação do impacto das gotas de chuva e do escoamento superficial combinados com a erodibilidade do solo, caracterizada pelas fases de desagregação, transporte e deposição. A desagregação e o transporte são provocados respectivamente pelo impacto das gotas de chuva e escoamento superficial, proporcionando a erosão hídrica em uma área descoberta, cuja magnitude depende da variabilidade espacial e temporal das chuvas. Assim, nas regiões do globo terrestre, onde o clima varia expressivamente de uma estação para outra, é provável que a erosividade também varie.

Para grande parte dos agricultores do Sul de Minas Gerais, a erosão hídrica constitui um dos maiores problemas, em função da topografia movimentada, preparo do solo com revolvimento excessivo, queima dos resíduos da cultura anterior, baixa aplicação de insumos e manutenção do solo por longo período de tempo. Estes aspectos têm contribuído para a instabilidade de algumas áreas de produção agrícola, gerando a necessidade de recuperação de extensas áreas degradadas. Portanto, faz-se necessário avaliar os componentes

do processo erosivo para o desenvolvimento, adaptação e adoção de práticas conservacionistas.

Os objetivos deste trabalho foram: determinar a erosividade (EI_{30}), os padrões de chuvas erosivas para o período de 1986 a 2004 e, relacionando-se às perdas de solo em Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (CXbd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf), submetidos a três padrões de chuvas erosivas naturais, determinar, através de distribuição de probabilidade, períodos de retorno para valores de erosividades mensais e anuais, para o município de Lavras, MG. Determinar o comportamento espacial das erosividades mensais e anuais, gerando-se mapas de krigagem para as mesmas, para a região do Sul do Estado de Minas Gerais.

CAPÍTULO 1

EROSIVIDADE E PADRÕES DE CHUVAS EROSIVAS PARA O MUNICÍPIO DE LAVRAS, MG.

RESUMO

AQUINO, Regimeire Freitas. 2005. Erosividade e padrões de chuvas erosivas para o município de Lavras, MG. 20p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

As características das chuvas de uma região podem determinar parte dos efeitos danosos da erosão hídrica. A variação da sua intensidade é uma dessas importantes características. Entretanto, pouco se sabe sobre os padrões de chuvas predominantes no Brasil. Este trabalho teve como objetivo determinar a erosividade (EI_{30}), os padrões de chuvas erosivas e sua distribuição para o município de Lavras, MG. Pluviogramas diários foram cedidos pelo Instituto de Meteorologia de Minas Gerais (INMET-MG), compreendendo o período de 1986 a 2004. Foi calculada a erosividade e as chuvas foram classificadas em padrões de acordo com a posição do pico de máxima intensidade. O valor da erosividade média anual foi de $5.634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo classificada como alta. A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1.353mm. Das 891 chuvas erosivas, 473 estiveram compreendidas no padrão avançado, perfazendo 53% do total das chuvas erosivas. O padrão intermediário alcançou 33% do total das chuvas erosivas e o padrão atrasado 14% . O padrão de chuva intermediário foi o que mais tendeu a acompanhar o valor da erosividade durante o ano.

*Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Orientador), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA (Co-orientador) e Nilton Curi – DCS/UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

AQUINO, Regimeire Freitas. 2005. Erosivity and erosive rain patterns for Lavras county, Minas Gerais state. 20p. Dissertation (Master Program in Soils and Nutrition of Plants) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The characteristics of the rains of a region can determine some of the harmful effects of the water erosion. The variation of its intensity is one of these important characteristics. However, little is known about the predominant rainfall patterns in Brazil. This work had as objective to determine the erosivity (EI_{30}), the rainfall erosivity patterns and their distribution for Lavras, MG. Daily graphical data were accessed through the Instituto de Meteorologia of Minas Gerais, including the 1986 to 2004 period. The erosivity was calculated and the rains were classified in patterns in accordance with the position of the peak of maximum intensity. The value of the annual average erosivity was of $5,634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$, being classified as high. The annual average precipitation for the same period was 1,353mm. 891 erosive rains, 473 were included in the advanced patterns, representing 53% of the total of erosive rains. The intermediate pattern reached 33% of the total of erosive rains and the late pattern reached 14%. The intermediate rainfall pattern was the one which tended to follow the value of the erosivity during the year. The advanced rainfall pattern is the pattern that more occurred in such a way for the totals of studied years, as for each studied year.

Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Major Professors), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA and Nilton Curi – DCS/UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado através de índices de erosividade que se baseiam nas características das chuvas de cada região. Wischmeier & Smith (1958) concluíram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas de chuva, desagregação do solo, turbulência do fluxo e transporte das partículas.

Dentre os diferentes fatores de determinação da erosividade das chuvas no Brasil, o índice EI_{30} tem sido amplamente utilizado por vários pesquisadores, por apresentar boa correlação com as perdas de solo (Bertoni & Lombardi Neto, 1990; Oliveira Júnior & Medina, 1990; Morais et al., 1991; Rufino et al., 1993; Marques et al., 1996; Silva et al., 2000; Roque et al., 2001).

Segundo Foster et al. (1981) a erosividade da chuva para os EUA apresenta valores na ordem de $300 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região oeste, $2.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região central e $8.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a região sudeste, sendo classificadas como baixa, moderada e alta, respectivamente.

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões, que de acordo com Cogo (1988), apresentam uma amplitude de 5.000 a $12.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Dentre os estudos de erosividade, podem-se destacar os de Dedeczek (1978) em Brasília (DF), que determinou o índice de erosividade, encontrando um valor de $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Utilizando dados de precipitação para um período de 22 anos, Val et al. (1986) avaliaram a erosividade das chuvas no Município de Lavras, MG, por meio do índice EI_{30} , obtendo o valor de $6.837 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Carvalho et al. (1989), em Mococa (SP), encontraram um valor de $7.747 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para

dezenove anos de dados pluviométricos. Morais et al. (1991) determinaram o índice EI_{30} médios anuais para as estações de Barranquinho e Flechas, Município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso, cujos valores foram de 8.493 e 7.074 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Silva et al. (1997) encontraram valores de erosividade para a região de Goiânia, GO, na ordem de 8.353 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. A erosividade para Sete Lagoas, MG, determinada por Marques et al. (1998), foi de 5.835 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Em Piraju, SP, Roque et al. (2001) determinaram a erosividade, cujo valor foi igual a 7.074 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Bertol et al. (2002) determinaram a erosividade para Lages, SC, encontrando valores em torno de 7.466 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Em Teodoro Sampaio, SP, Colobro et al. (2002) determinaram a erosividade na ordem de 7.172 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Silva & Dias (2003), em Fortaleza, chegaram a um valor de 7.034 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Edwards & Owens (1991) coletaram dados de 28 anos de perdas de solo em nove microbacias e concluíram que apenas cinco grandes chuvas foram responsáveis por 66% das perdas de solo ocorridas. Flanagan et al. (1988) enfatizaram que quando se estudam chuvas individuais com precipitação final igual, deve-se lembrar que somente a localização do pico de maior intensidade altera drasticamente os efeitos da erosão.

As chuvas são classificadas de acordo com sua intensidade em: chuva de padrão avançada, intermediária e atrasado, quando a localização dos picos de maior intensidade está no início, meio ou fim do período de duração da chuva, respectivamente (Horner & Jens, 1941, citados por Mehl et al., 2001).

Conhecer a relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas por meio de análise de risco é de grande importância para a otimização no dimensionamento de obras de controle de erosão e de estruturas hidráulicas de fluxo para águas pluviais (Eltz et al., 1992 e Viera et al., 1998). A possível variação nos períodos de retorno nos diferentes padrões de chuva podem sugerir

mudanças no planejamento de obras de controle e de estruturas hidráulicas nas diferentes regiões climáticas do Brasil.

Dessa forma, torna-se importante à tipificação das chuvas naturais de cada região, para posterior utilização em pesquisas de perda de solo e água, bem como a determinação do período de retorno das chuvas de cada padrão.

São, pois, objetivos deste trabalho, determinar a erosividade (EI_{30}), os padrões de chuvas erosivas e sua distribuição para o município de Lavras, MG.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Município de Lavras, MG, localizado na região Sul do Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste. A altitude média da área é de 918,84 m. O clima é enquadrado, de acordo com a classificação de Köppen, como Cwa, com precipitação média anual de 1.529,7 mm. A temperatura média anual é de 19,4° C (Brasil, 1992).

Para este trabalho foram utilizados dados de pluviogramas obtidos junto ao Instituto de Meteorologia de Minas Gerais (INMET-MG) para o período de 1986 a 2004. A partir das precipitações, foram calculadas energias cinéticas totais das chuvas para cada evento. Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de 6 horas. As chuvas menores que 10mm, com intensidade máxima menor que 24mmh⁻¹ em 15 minutos ou energia cinética menor que 3,6 MJ, foram consideradas não erosivas (De Maria, 1994). Para o cálculo da energia cinética (E_c), utilizou-se a equação 1 proposta por Wischmeier & Smith (1958):

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

em que E_c é a energia cinética em MJ (ha mm)⁻¹ e I é a intensidade da chuva em mmh⁻¹.

O índice EI_{30} foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total (E_c) de uma chuva erosiva pela intensidade máxima ocorrida em um período de 30 minutos consecutivos (I_{30}), segundo Wischmeier & Smith (1958).

Posteriormente, as chuvas erosivas individuais foram separadas por padrões de acordo com a classificação proposta por Horner & Jens (1941) e modificada por Mehl et al. (2001). Os padrões foram: chuva de padrão avançado, quando a maior intensidade ocorria em um período de tempo menor do que 30% do tempo total a partir do momento inicial da chuva; chuva de

padrão intermediário, quando a maior intensidade ocorria num tempo situado entre 30% e 60% do tempo total a partir do início da chuva, e chuva de padrão atrasado, quando a maior intensidade ocorria passados mais de 60% por tempo total de duração da chuva a partir do seu início (Figura 1). A classificação inicial das chuvas proposta por Horner & Jens (1941), separava o tempo total de duração das chuvas em três partes iguais, ou seja, os padrões estariam entre 0 e 33,33; 33,33 e 66,6; 66,6 e 100% do tempo total de duração da chuva.

Na Tabela 1 observa-se a classificação da erosividade segundo Foster et al. (1981), com modificações.

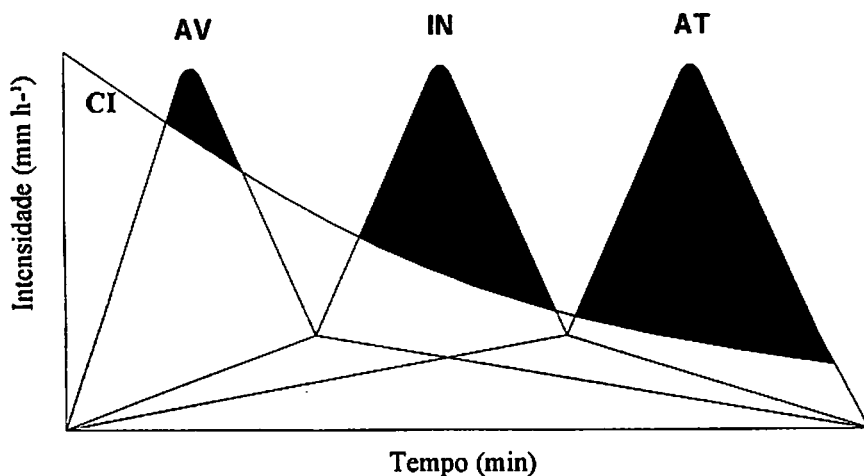


Figura 1. Representação dos padrões de chuvas utilizados neste trabalho. AV é a representação do padrão de chuva avançado; IN padrão de chuva intermediário; AT padrão de chuva atrasado e CI e curva que representa a capacidade de infiltração de água no solo. Em negrito e a representação das possíveis capacidades de produzir escoamento em cada padrão de chuva.

TABELA 1. Classificação da erosividade da chuva.

Erosividade	Classificação
----- MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹ -----	
< 300	Muito baixa
300 – 2.000	Baixa
2.000 – 4.000	Moderada
4.000 – 8.000	Alta
> 8.000	Muito Alta

Foster et al. (1981) modificado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos índices de erosividade (EI_{30}) mensais e anuais para o período estudado podem ser observados pela Tabela 2. Os valores de erosividade (EI_{30}) anuais tiveram uma amplitude 2.173 a 8.410 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, com os meses de outubro a março contribuíram com 91% da erosividade total, a média anual da erosividade foi de 5.634 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, considerada alta segundo a classificação de Foster et al. (1981) apresentada na tabela 1 e 16% menor que a encontrada por Val (1986) para a mesma localidade, 6.679 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Embora a precipitação média durante o período tenha sido 11% menor que a média histórica, o valor da erosividade não está ligado à quantidade precipitada, e sim, a sua intensidade (Campos Filho et al., 1992). Portanto, é de se esperar que este valor não sofra grandes alterações com a ocorrência de anos com maior pluviosidade. Entretanto, é necessária que haja continuidade de obtenção de dados, visando dispor sempre de índices representativos.

De acordo com Rufino (1986), valores de erosividade mensal, acima de 500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, podem ser considerados como críticos. Neste estudo, em vários meses foram observados valores muito acima deste valor crítico, evidenciando necessidade de se manter o manejo conservacionista na área de estudo, evitando, desta forma, que eventos de chuvas com alto poder erosivo coincidam com o solo descoberto. O conhecimento das épocas do ano (outubro a março) em que os riscos de erosão são mais iminentes é de fundamental importância para o planejamento das atividades de uso do solo.

TABELA 2. Valores mensais e anuais de erosividade (EI_{30}), expresso em MJ $mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$, para o período de estudo.

Ano	Mês												Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1986	99	1047	270	191	413	0	168	112	56	153	805	3103	6417
1987	743	1498	2485	17	26	62	0	20	0	455	165	1198	6669
1988	436	471	441	31	0	12	0	0	0	913	980	722	4006
1889	1405	2036	914	14	0	47	0	0	73	41	146	928	5604
1990	241	567	326	227	0	0	0	*	*	*	*		1361**
1991	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	398	840	1238**
1992	3071	293	0	0	0	0	9	84	304	713	1604	541	6619
1993	199	845	247	89	26	40	0	0	336	66	213	718	2779
1994	743	1498	2485	17	26	62	0	0	0	456	169	1198	6654
1995	564	2276	284	0	229	0	0	0	72	347	722	1266	5760
1996	819	3154	295	332	342	13	0	129	330	374	1334	1288	8410
1997	1334	443	280	203	114	30	0	0	74	131	982	2222	5813
1998	344	538	599	6	325	0	0	105	5	474	391	680	3467
1999	1474	349	814	31	7	5	0	0	27	0	187	2572	5466
2000	3429	283	995	7	1	0	8	3	268	23	883	1049	6949
2001	907	27	553	5	132	0	0	10	160	558	2635	1185	6172
2002	23	99	207	0	32	0	22	19	6	108	943	714	2173
2003	1699	110	551	69	196	0	14	0	4	13	1094	1934	5684
2004	923	2379	815	200	671	33	91	0	2	156	332	1530	7132
Média	1025	995	698	80	141	17	17	28	101	293	777	1316	5634

* Meses sem registros nos pluviogramas. ** Dados não considerados.

Na Figura 2 observa-se a distribuição da precipitação e da erosividade média durante o ano. Os valores de erosividade acompanham as mesmas tendências de distribuição dos valores de precipitação. Assim, nos meses mais chuvosos, de outubro a março, ocorrem os maiores valores da erosividade, a qual, por sua vez, diminui para o período de abril a setembro, quando são baixos os valores das precipitações mensais. Esse comportamento, também foi observado por outros pesquisadores (Lombardi Neto, 1977; Cogo et al., 1978; Val et al., 1986; Carvalho et al., 1989; Oliveira Júnior & Medina, 1990; Bertol,

1994; Morais et al., 1991; Marques, 1996; Carvalho et al., 1997; Pissara et al., 2000; Roque et al., 2001).

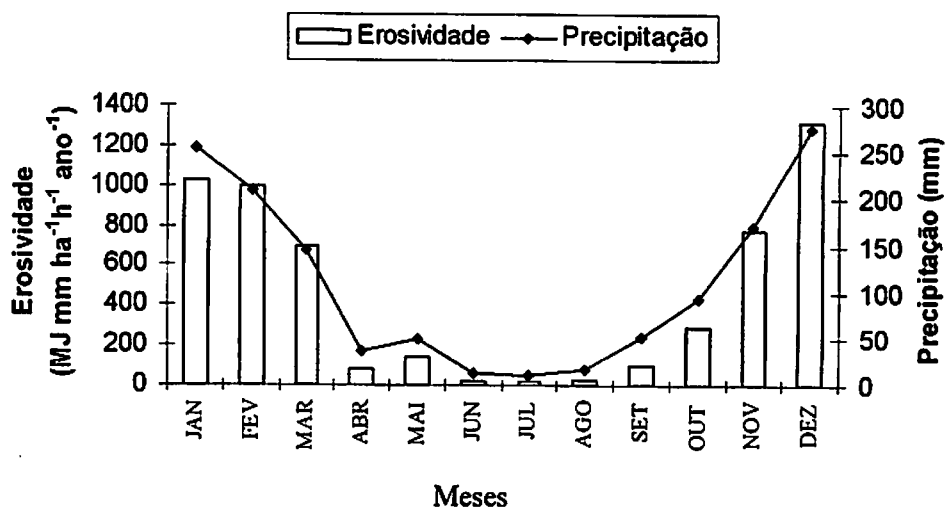


FIGURA 2. Distribuição da erosividade média e precipitação média para o período de estudo.

Na Tabela 3 são apresentadas a quantidade e a porcentagem de chuvas erosivas nos três padrões estudados durante os dezenove anos de registros pluviométricos. Das 891 chuvas erosivas, 473 (53%) estiveram compreendidas no padrão avançado, 294 (33%) para o padrão intermediário e 124 (14%) para o padrão atrasado.

TABELA 3. Número e porcentagem de chuvas erosivas para os três padrões de chuvas estudadas.

Padrões de chuva erosiva	Quantidade de chuva	Porcentagem (%)
Avançado	473	53
Intermediário	294	33
Atrasado	124	14

Os totais das distribuições dos padrões para cada mês podem ser observados na Tabela 4. É possível observar, também, com o auxílio da Tabela 2, a predominância do padrão avançado para as chuvas na região de Lavras, MG. No entanto, analisando-se este mesmo comportamento, porém, ao longo do ano, verifica-se que durante o período chuvoso (outubro a março), há maior predominância do padrão avançado sobre os demais, com diminuição gradual deste nos meses de abril e maio, com aumento do padrão intermediário. Durante o período de estiagem, verificou-se que não há predominância de padrões, havendo, inclusive, maior frequência do padrão intermediário sobre o avançado no mês de agosto. Este comportamento está intimamente associado com as características das chuvas, uma vez que, durante o período chuvoso há considerável participação de precipitações convectivas, as quais possuem alta intensidade e curta duração, e estas características influenciam no comportamento dos padrões. As chuvas predominantes no período seco, normalmente constituem-se de frentes frias, chuvas frontais, com baixa a média intensidade e longa duração, favorecendo, especialmente, chuvas intermediárias.

O período chuvoso da região, que vai de outubro a março, concentra os maiores valores de ocorrência de chuvas erosivas, totalizando 82% do total das chuvas erosivas. Apenas as chuvas de padrão avançado do período chuvoso, são responsáveis por 40% do total de chuvas erosivas.

Na Figura 4 é possível observar as tendências dos três padrões de chuva erosiva com as erosividades mensais. Nota-se que ocorre um comportamento bem distinto entre os três padrões de chuva durante o ano. É interessante observar que o padrão de chuva intermediário foi o que mais apresentou tendência de acompanhar a distribuição da erosividade durante o ano, podendo ser o padrão que esta mais relacionado com o comportamento da erosividade. Isto significa que em anos com baixa erosividade, o número de chuvas com padrão intermediário foi menor e da mesma forma, quando a erosividade anual foi alta, verifica-se aumento do número de chuvas com padrão intermediário em

Em parêntese estão as porcentagens do número de chuva que ocorreu em cada padrão durante o ano. * Estão excluídos os anos de 1990 e 1991.

Meses	Padrão de Chuva Erosiva			Total
	Avançado	Intermediário	Atrasado	
Jan	87 (53)	52 (31)	27 (16)	166
Fev	78 (58)	39 (29)	17 (13)	134
Mar	56 (61)	24 (26)	12 (13)	92
Abr	27 (63)	13 (30)	3 (7)	43
Mai	20 (55)	14 (39)	2 (6)	36
Jun	7 (54)	6 (46)	0 (0)	13
Jul	5 (50)	5 (50)	0 (0)	10
Ago	7 (47)	7 (47)	1 (6)	15
Set	15 (39)	19 (50)	4 (11)	38
Out	39 (58)	18 (27)	10 (15)	67
Nov	61 (58)	34 (32)	11 (10)	106
Dez	69 (47)	53 (36)	26 (17)	148
Total	471	284	113	868

Tabela 4. Distribuição dos três padrões de chuva durante o ano e os totais mensais e anuais dos mesmos.

relação ao ano anterior, havendo exceções, como para os anos de 1986, 1993, 1999 e 2002.

É interessante destacar que o comportamento do número de chuvas com padrão avançado possui menor oscilação que os demais, não acompanhando o comportamento da erosividade anual. O padrão atrasado apresenta considerável oscilação no seu número de ocorrências, contudo, de forma inversa ao verificado para o padrão intermediário.

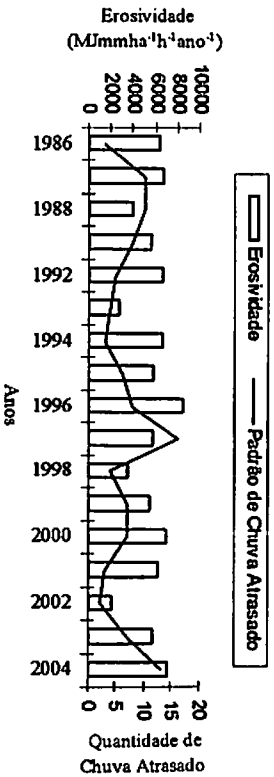
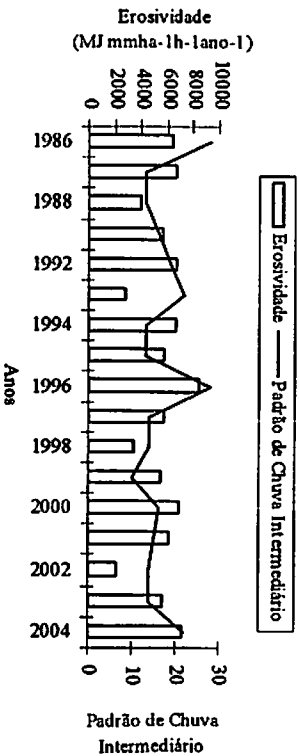
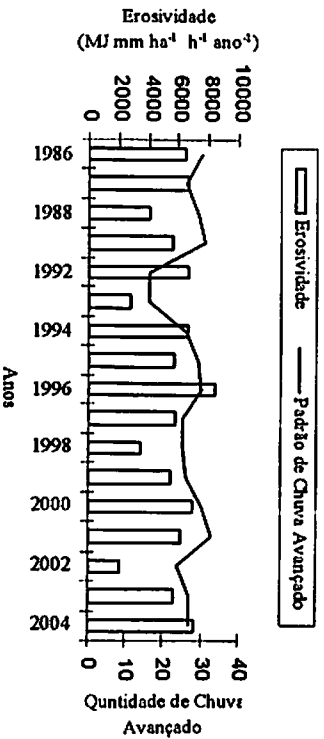


FIGURA 4. Tendências dos três padrões de chuvas erosivas com as erosividades médias anuais.

5 CONCLUSÕES

1. O valor da erosividade média anual foi de $5.634 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo a erosividade da chuva para região de Lavras, classificada como alta. A precipitação média anual para o mesmo período foi de 1.353mm.
2. O padrão de chuva avançado é o padrão que mais ocorreu tanto para os totais estudados, como para cada ano estudado. Além disto, verificou-se predominância do padrão avançado no período chuvoso sobre o intermediário e no período seco, não foi possível verificar o mesmo comportamento, havendo igualdade entre os padrões avançado e intermediário. Do total das chuvas erosivas estudadas, 82% ocorreu no período chuvoso da região que vai de outubro a março.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. 1, p. 453-458, 1994.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 455-464, jan. 2002.

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

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

CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P.; LUPRUN, 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, M. P.; LOMBERDI 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.; PISSARRA, T. C.; PAULINHO, 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. 1 CD-ROM

COGO, N. P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988, Campinas. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 251-262.

COGO, N. P.; DREWS, C. R.; GIANELLO, C. Índice de erosividade das chuvas dos municípios de Guaíba, Ijuí e Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: CNPT/SNLCS-EMBRAPA. 1978. p. 145-152.

COLONDRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 809-818, jul./set. 2002.

DE MARIA, I. C. Cálculo da erosividade da chuva. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. *Manual de programas de processamento de dados de campos e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo*. Campinas: IAC-SCS, 1994.

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.

EDWARDS, W. M.; OWENS, L. B. Large storm effects on total soil erosion. *Soil Water Conservation Engineering*, Ankeny, v. 46, n. 1, p. 74-78, Jan./Feb. 1991.

ELTZ, F. L. F.; REICHERT, J. M.; CASSOL, E. A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 16, n. 2, p. 265-269, maio/ago. 1992.

FLANAGAN, D. C.; FOSTER, G. R.; MOLDENHAUER, W. C. Storm pattern effect on infiltration, runoff, and erosion. *Transaction America Society of Civil Engineering*, Joseph, v. 31, n. 2, p. 414-420, Mar./Apr. 1988.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. 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.

HORNER, W. W.; JENS, S. W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. *Transaction America Society of Civil Engineering*, Joseph, v. 107, n. 6, p. 1039-1117, Nov./Dec. 1941.

LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. 1977. 53 p. Dissertação (Mestrado) - Purdue University, West Lafatette.

MARQUES, J. J. G. S. M. Estimativas e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. 1996. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N. Erosividade das chuvas na região de Sete Lagoas, MG. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 5, p. 761-768, maio 1998.

MEHL, H. U.; 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, abr./jun. 2001.

MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVEN, T. M. C; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, V. 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, set./dez. 1991.

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, abr./jun. 1990.

PISSARRA, T. C. T.; CARVALHO, M. P.; CHUEIRE, F. B. Erosividade da chuva de Preira Barreto (SO): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. Anais... Ilhéus: Sociedade Nrasileira de Ciência do Solo, 2000. 1 CD-ROM

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, jan./mar. 2001.

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.

RUFINO, R. L.; BISCAI, 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.

SILVA, J. R. C.; DIAS, S. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). II – Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 10, n. 2, p. 347-354, maio/ago. 2003.

SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; LIMA, J. M.; FERREIRA, M. M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos Brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1207-1220, jun. 2000.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N. Índice de erosividade das chuvas da Região de Goiânia (GO). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 10, p. 977-985, out. 1997.

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, jul./dez. 1986.

VIEIRA, D. B.; LOMBARDI NETO, F.; SANTOS, R. P. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Mococa, SP. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1215-1220, ago. 1998.

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

CAPÍTULO 2

PERDAS DE SOLO EM CAMBISSOLO E LATOSSOLO VERMELHO EM RELAÇÃO A TRÊS PADRÕES DE CHUVAS EROSIVAS PARA LAVRAS, MG.

RESUMO

AQUINO, Regimeire Freitas. Perdas de solo em Cambissolo e Latossolo Vermelho em relação a três padrões de chuvas erosivas para Lavras, MG. 2005. 16p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.⁸

A erosão hídrica é grandemente afetada pelas características físicas da chuva, entretanto, poucas pesquisas no Brasil têm-se dedicado a estudar estas características. A obtenção de melhor correlação entre as perdas de solo e o índice de erosividade da chuva EI_{30} é dificultada pela falta de conhecimento das características físicas da chuva. Chuvas com a mesma erosividade podem provocar perdas de solo diferentes, dependendo da umidade antecedente à chuva e da variação da intensidade durante a chuva pela ocorrência de picos de alta intensidade em momentos diferentes do evento. Este trabalho teve como objetivo relacionar as perdas de solo em Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) submetidos a três padrões de chuvas erosivas naturais. Foram utilizados pluviogramas obtidos junto ao INMET – MG, no período de agosto de 1998 a dezembro de 2002. As coletas foram realizadas logo após cada evento de chuva erosiva. Das 139 chuvas erosivas com perda de solo para o CXbd, 60% se concentrou no padrão avançado, totalizando uma perda de $772,82 \text{ Mg ha}^{-1}$, 25% encontraram-se no padrão intermediário, com $216,85 \text{ Mg ha}^{-1}$ e 15% no padrão de chuva atrasado, com perda de solo equivalente a $143,15 \text{ Mg ha}^{-1}$. Já para o LVdf, das 93 chuvas erosivas com perda de solo, 58% caracterizou-se no padrão avançado, representando $37,84 \text{ Mg ha}^{-1}$ de perda de solo, 26% no padrão intermediário, com $7,47 \text{ Mg ha}^{-1}$ de perda de solo e 16% no padrão atrasado, com perda de $5,62 \text{ Mg ha}^{-1}$. Observou-se que para um mesmo período houve uma diferença significativa em relação à magnitude da erosão para solos estudados. As maiores perdas de solo foram encontradas no CXbd.

* Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Orientador), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA e Nilton Curi – DCS/UFLA

ABSTRACT

AQUINO, Regimeire Freitas. Soil losses in Haplic Cambisol and Red Latosol in relation to three erosive rainfall patterns in Lavras, MG. 2005. 16p. Dissertation (Master Program in Soils and Nutrition of Plants) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The water erosion is greatly affected by the physical characteristics of rainfall, however, few researchs in Brazil had dedicated to study these characteristics. The attainment of better correlation between the soil losses and the index of erosivity of rain EI_{30} is made difficult by the lack of knowledge of the physical characteristics of rainfall. Rainfalls with the same erosivity can provoke different soil losses, depending on the antecedent moisture to rainfall and on the variation of the intensity during rain by the occurrence of peaks of high intensity at different moments of the event. This work had as objective to relate the soil losses in typic dystrophic Tb Haplic Cambisol (CXbd) and typic dystroferric Red Latosol (LVdf) submitted to three natural rainfall patterns. Graphical data obtained at INMET-MG for a period from August of 1998 were used December 2002. The data collections were carried out soon after each rainfall erosive event. Out of 139 erosive rains, with soil losses for the CXbd, 60% were concentrated in the advanced pattern, totalizing a loss of $772.82 \text{ Mg ha}^{-1}$, 25% were included in the intermediate pattern, with $216.85 \text{ Mg ha}^{-1}$ and 15% in the late, with soil lossequivalent to $143.15 \text{ Mg ha}^{-1}$. For the LVdf, out of 93 erosive rains, with soil loss, 58% were characterized in the advanced pattern, representing 37.84 Mg ha^{-1} of soil loss, 26% in the intermediate pattern, with 7.47 Mg ha^{-1} of soil loss and 16% in the late pattern, with loss of 5.62 Mg ha^{-1} . It was observed that for the same period there was a significant difference in relation to erosion extent for the studied soils. The highest soil losses were CXbd.

Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Major Professors), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA and Nilton Curi – DCS/UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos é chamado de EI_{30} (Wischmeier & Smith, 1958), e tem sido muito usado como índice de erosividade padrão na Equação Universal de Perda de Solo, EUPS. Este índice confere o valor local do fator chuva e, conseqüentemente, a universalidade do uso da equação de perdas de solo. Mesmo assim, outros parâmetros de chuva têm sido propostos como base para a estimativa da erosividade de chuvas. Kinnell (1981) comenta, que, para uma mesma intensidade de chuva, sua capacidade erosiva varia de acordo com o tipo de chuva (convectiva, frontal e orográfica) e localização, especialmente altitude.

Os fatores que controlam a capacidade de infiltração da água da chuva no solo são também os determinantes do volume da enxurrada e conseqüentes perdas de solo e água pela erosão hídrica, entretanto, estão relacionados como: selamento superficial, umidade antecedente, micro e macro relevo, e outros (Huggins & Burney, 1982). Dificilmente chuvas de energia cinéticas similares encontram o solo em condições idênticas, resultando em perdas de solo conseqüentemente distintas.

O potencial da chuva de provocar erosão hídrica pode ser melhor estimada a partir de correlações entre os parâmetros erosividade da chuva, da enxurrada e as perdas de solo (Wischmeier & Smith, 1978; Carvalho, 1993). Wischmeier & Smith (1958), ao estudarem as relações entre a energia cinética e as perdas de solo, obtiveram alto coeficiente de correlação ($r = 0,98$). O parâmetro erosividade da chuva EI_{30} foi estabelecido num trabalho clássico realizado por Wischmeier & Smith (1958).

Estatisticamente, o parâmetro EI_{30} foi capaz de explicar entre 72 e 97% das perdas de solo causadas por chuvas erosivas. Morais (1986), estudando a correlação entre a energia cinética da chuva e as perdas de solo de três locais, do

Estado do Rio Grande do Sul, obteve os seguintes coeficientes de correlação 0,57, em Itajai; 0,66, em Santa Maria e 0,71 em Guaíba.

Marques et al. (1997), observaram que as perdas de solo no Podzólico Vermelho-Amarelo mostraram-se mais relacionadas a erosividade que as do Latossolo Vermelho-Escuro. No entanto, os coeficientes de correlação mantiveram-se altos para ambos os solos. Tais coeficientes são semelhantes ou ligeiramente superiores aos obtidos para outras localidades brasileiras, porém, foram inferiores aos encontrados em outros países (Cantalice & Margolis, 1993).

Estudando os efeitos da forma do declive, energia e intensidade da chuva nas perdas de solo e água, Meyer & Harmon (1992) concluíram que, dentre as variáveis estudadas, a intensidade da chuva é a que tem maior influência na erosão. Com base nos resultados obtidos, os autores enfatizaram a importância da simulação de chuvas com características mais próximas possíveis das chuvas naturais, em experimentos de erosão hídrica.

Os trabalhos de perdas de solo e água, utilizando aparelhos simuladores de chuva, são uma maneira de apressar a obtenção de dados importantes a respeito de práticas de manejo do solo e culturas, visando à conservação do solo e da água. Segundo Agassi & Bradford (1999), a principal limitação na utilização de chuva simulada é a impossibilidade de reproduzir as características das chuvas naturais em termos de intensidade, duração e energia de impacto das gotas de chuva. Relataram, também, as dificuldades de se compararem os resultados obtidos, tendo em vista o uso de grande variedade de simuladores de chuva, intensidade de chuva e tipos de parcela.

Nos estudos de perdas de solo e água por erosão, vem sendo utilizada a aplicação de chuvas simuladas de intensidade constante. Com isso, negligenciam-se importantes componentes da chuva natural, que é a variação da intensidade durante a sua ocorrência. As características das chuvas mudam de

região para região e, assim, um único padrão pode não ser o mais representativo para todas as regiões (Eltz et al., 2001).

Portanto, este trabalho teve como objetivo determinar as perdas de solo em Cambissolo háplico Tb distrófico típico (CXbd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) submetidos a três padrões de chuvas erosivas naturais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área experimental do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais. As perdas de solo utilizadas para a realização deste trabalho foram obtidas junto ao trabalho de Silva (2003), onde foram estudados um Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico (CXbd) e um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf). Conforme as observações feitas pelo autor, o CXbd apresentava espessura do sólum de 36cm, sendo enquadrado como raso, ao passo que o LVdf é enquadrado como muito profundo (>200cm).

O experimento foi conduzido entre janeiro de 1998 e dezembro de 2002 no campus da UFLA. A unidade experimental foi constituída de uma parcela com declive de $0,15 \text{ m m}^{-1}$ no CXbd e a parcela do LVdf com declive de $0,12 \text{ m m}^{-1}$, com aproximadamente 26 m^2 ($3 \times 8,67 \text{ m}$) e ambas delimitadas por chapas galvanizadas cravadas a 20cm de profundidade no solo e com 20cm de altura a partir da superfície do mesmo. Na parte inferior das parcelas foram instaladas calhas coletoras que conduzem a enxurrada para dois tanques de 225L cada, interligados por um divisor tipo Geib com 9 janelas, sendo que a coleta no segundo tanque corresponde a $1/9$ da enxurrada total.

No início do experimento, Silva (2003) realizou uma aração com arado de disco e duas gradagens leves, todas no sentido do declive. Para quantificar as perdas de solo foram coletadas amostras segundo Cogo (1978a e 1978b) após cada evento de chuva.

Para o cálculo da erosividade foram utilizados registros contínuos de dados pluviométricos de Lavras, MG, do período entre janeiro de 1998 e dezembro de 2002, obtidos junto ao INMET, MG (Instituto Nacional de Meteorologia de Minas Gerais). Após terem sido cotadas manualmente em segmentos de intensidade uniforme, determinaram-se as energias cinéticas totais

das chuvas para cada evento, com auxílio de um programa computacional específico desenvolvido por Cataneo et al. (1982), que calcula a energia cinética segundo Wischmeier & Smith (1958).

As chuvas erosivas foram separadas por padrões de acordo com a classificação proposta por Horner & Jens (1941) e modificada por Mehl et al. (2001). Depois de determinados os padrões das chuvas, as perdas de solo coletadas após cada evento de chuva foram separadas para cada padrão correspondente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observam-se os padrões de chuva, número de chuvas erosivas e as perdas de solo. Das 139 chuvas erosivas com perda de solo para o CXbd, 60% se concentraram no padrão avançado, totalizando uma perda de 415,85 Mg ha⁻¹, 25% encontraram-se no padrão intermediário, com 216,85 Mg ha⁻¹ e 15% no padrão de chuva atrasado, com perda de solo equivalente a 143,15 Mg ha⁻¹. Já para o LVdf, das 93 chuvas erosivas com perda de solo, 58% caracterizou-se no padrão avançado, representando 37,84 Mg ha⁻¹ de perda de solo, 26% no padrão intermediário, com 7,47 Mg ha⁻¹ de perda de solo e 16% no padrão atrasado, com perda de 5,62 Mg ha⁻¹.

Tabela 1. Número de chuvas erosivas, perda de solo e porcentagem de perdas de solo para três padrões de chuvas erosivas natural.

	CXbd				LVdf			
	AV	IN	AT	Total	AV	IN	AT	Total
Número de chuvas erosivas	83	35	21	139	54	24	15	93
Perda de solo (Mg ha ⁻¹)	415,82	216,85	143,15	775,82	37,84	7,47	5,62	70,93
Porcentagem de perda de solo	54	28	18	100	74	15	11	100

AV = Padrão de chuva erosiva avançado; IN = padrão de chuva erosiva intermediária; AT = padrão de chuva erosiva atrasada.

É interessante observar a diferença de perda de solo entre o CXbd e LVdf para uma mesma chuva ocorrida no dia 24 de janeiro de 2000. Com apenas 4 horas de duração, a chuva apresentou um potencial erosivo (EI_{30}), de $1.663 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, com perdas de solo de 39,13 e $1,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o CXbd e LVdf, respectivamente. A intensidade de pico que caracterizou a chuva como padrão avançado foi de 134 mm h^{-1} ocorrendo 1 hora e meia após o início da chuva. A precipitação acumulada até a ocorrência do pico de maior intensidade foi de 67 mm, totalizando 77,7% da precipitação total Tabela 2.

Tabela 2. Características das chuvas para Lavras, MG.

DATA DA CHUVA	EI_{30}	PERDA SOLO	(I) DO PICO MÁX.	(I) MÉDIA CHUVA	PREC. ATÉ PICO MÁX.	PREC. TOTAL CHUVA	TEMPO ATÉ PICO MÁX.	TEMPO TOTAL CHUVA
(Dia)	($\text{MJmm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	(Mg ha^{-1})	(mm h^{-1})	(mm h^{-1})	(mm)	(mm)	(horas)	(horas)
CHUVAS COM PICO DE INTENSIDADE DE PADRÃO AVANÇADO								
Cambissolo (CXbd) e Latossolo(LVdf)*								
24/01/00	1.663	39,13 1,8*	134	30	67	85,9	1,62	4,03
01/02/00	110	12,21 4,3*	144	18	12,4	17,4	0,67	4,17
06/10/98	156	59,68 0*	120	27	14,2	19,2	0,17	2,33
CHUVA COM PICO DE INTENSIDADE DE PADRÃO INTERMEDIÁRIO								
06/12/98	441	43,42 0,08*	110	12	18,9	41,2	7,67	16
CHUVA COM PICO DE INTENSIDADE DE PADRÃO ATRASADO								
25/01/00	1.084	49,11 1,80*	65	41	67,2	78,1	2,5	2,67

(I) é a intensidade; Prec. é a precipitação.

Outra chuva caracterizada como padrão avançado, com intensidade de pico igual a 300 mm h^{-1} , ocorrida no dia 17 de novembro de 2001, com 6 horas de duração, apresentou potencial erosivo igual a $2.231 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e perda de solo para o CXbd de $58,24 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $27,58 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o LVdf. A precipitação ocorrida até o momento do pico de maior intensidade foi apenas 8% do total, no entanto, o tempo para ocorrência deste pico foi de apenas 2 minutos.

No dia 1 de fevereiro de 2000, uma chuva com $110 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de erosividade e intensidade de pico que caracterizou o padrão da chuva como avançado igual a 144 mm h^{-1} ocasionou uma perda de solo de $12,21 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o CXbd e $4,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o LVdf. A duração da chuva foi de 4 horas e a ocorrência do pico de maior intensidade 40 minutos após o início da chuva e com 70% da precipitação ocorrida.

Estes exemplos demonstram a necessidade da obtenção de melhor correlação entre as perdas de solo e as variáveis que compõem o índice de erosividade da chuva (EI_{30}) que é dificultada pelo pouco conhecimento das características físicas da chuva, pois as perdas de solo estão relacionadas não apenas ao potencial erosivo destas, mas também a localização do pico de maior intensidade, a umidade antecedente à chuva e também à umidade antecedente ao pico de maior intensidade.

Outro exemplo, onde a precipitação antecedente ao pico de maior intensidade, em chuvas de rápida duração, é alta, pode ser observado no dia 6 de outubro de 1998, onde a perda de solo para o CXbd foi de $59,68 \text{ Mg ha}^{-1}$ e a erosividade igual a $156 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ em uma chuva de 2 horas e 20 minutos. A intensidade máxima do pico foi de 120 mm h^{-1} ocorrida 10 minutos após o início da chuva com precipitação acumulada de 74% em relação ao total. Não foi registrada perda de solo para o LVdf neste evento, que pode estar relacionado com o início do período da estação chuvosa, onde o solo ainda se encontra com a capacidade de infiltração mais elevada, tendendo a menor escoamento.

O efeito da umidade antecedente à chuva pode ser observado pela chuva de padrão intermediário que ocorreu dia 6 de dezembro de 1988, com 43,42 Mg ha⁻¹ para o CXbd e 0,08 Mg ha⁻¹ para o LVdf quando 24 horas antes, havia ocorrido uma chuva com 33 mm de precipitação.

Uma chuva de padrão atrasado e intensidade máxima de 65 mm h⁻¹ provocou 49,11 Mg ha⁻¹ de perda de solo para o CXbd e 1,8 Mg ha⁻¹ para o LVdf . Estas perdas podem ser atribuídas a fatores físicos da chuva como: intensidade média da chuva (41 mm h⁻¹), curta duração, e erosividade igual a 1.084 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. A chuva antecedente ocorreu 24 horas antes com precipitação equivalente a 86 mm.

Chuvas com a mesma erosividade podem provocar perdas de solo diferentes, dependendo da umidade antecedente à chuva e da variação da intensidade durante a chuva pela ocorrência de picos de alta intensidade (Tabela 3).

Tabela 3. Características das chuvas com perdas de solo diferentes para o mesmo valor de erosividade para Lavras, MG.

DATA DA CHUVA	EI ₃₀	PERDA SOLO	(I) DO PICO MÁX.	(I) MÉDIA CHUVA	PREC. ATÉ PICO MÁX.	PREC. TOTAL CHUVA	TEMPO ATÉ PICO MÁX.	TEMPO TOTAL CHUVA
(Dia)	(MJmm ha ⁻¹ h ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(mm h ⁻¹)	(mm h ⁻¹)	(mm)	(mm)	(horas)	(horas)
Cambissolo (CXbd) e Latossolo(LVdf)*								
01/01/02	5	2,04 0,02*	15	5	0,7	4,4	0,12	3,5
24/01/02	5	0,23 0,05*	36	6	17	26	2,08	21,08
26/10/02	5	0,01 0,02*	60	12	2	3,6	0,03	2,42
20/06/99	5	0,01 0*	10	2	4,6	7	5,17	8
10/12/98	5	0,08 0,03*	34	11	2	4,8	1,67	1,72
07/02/02	40	0,02 0,15*	18	10	5,6	25,6	0,97	17,5
01/02/00	40	1,39 0*	22	6	4	16	0,58	5,08
30/08/98	40	2,03 0*	24	7	6,6	11,2	0,42	3,25
07/12/99	154	3,53 0,08*	43	5	14,8	21,8	0,83	8,33
06/10/98	154	59,68 0*	120	27	14,2	19,2	0,17	2,33

(I) é a intensidade; Prec. é a precipitação.

Observando a Tabela 4, pode-se notar duas chuvas com o mesmo valor de erosividade e perdas de solo, mas com características físicas bem distintas. Na chuva do dia 26 de outubro de 2002, tem-se uma alta intensidade ocorrendo logo nos primeiros minutos da chuva, quando está ocorrendo a fase do salpicamento do solo pelas gotas de chuva. Já a chuva do dia 20 de junho de 1999, apresentou uma intensidade bem menor, mas a precipitação ocorrida até o

pico de máxima intensidade e a precipitação total, foi o dobro, comparadas à chuva do dia 26 de outubro de 2002. Demonstra-se assim, que o efeito da umidade antecedente ao pico de intensidade de precipitação é fundamental no processo de geração e transporte de sedimentos e precisa ser considerado nos estudos de correlação entre a erosividade da chuva e as perdas de solo.

Tabela 4. Características de chuvas com mesma perda de solo e erosividade (EI_{30}) para Lavras, MG.

DATA DA CHUVA	EI_{30}	PERDA SOLO	(I) DO PICO MÁX.	(I) MÉDIA CHUVA	PREC. ATÉ PICO MÁX.	PREC. TOTAL CHUVA	TEMPO ATÉ PICO MÁX.	TEMPO TOTAL CHUVA
(Dia)	(MJmm ha ⁻¹ h ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(mm h ⁻¹)	(mm h ⁻¹)	(mm)	(mm)	(horas)	(horas)
Cambissolo (CXbd) e Latossolo Vermelho (LVdf)*								
26/10/02	5	0,01 0,02*	60	12	2	3,6	0,03	2,42
20/06/99	5	0,01 0*	10	2	4,6	7	5,17	8

(I) é a intensidade; Prec. é a precipitação.

5 CONCLUSÕES

1. Houve, para um mesmo período, uma grande diferença de perda de solo em relação aos dois solos estudados. As maiores perdas de solos foram observadas para o padrão avançado notadamente para o CXbd.
2. A umidade do solo antecedente à chuva e ao pico de maior intensidade durante a chuva são importantes para se estimar as perdas de solo, uma vez que foi detectada influência considerável desta no comportamento da erosão, sendo sua influência principalmente associada à origem do escoamento superficial, promovendo maior transporte dos sedimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGASSI, M.; BRADFORD, J. M. Methodologies for interrill soil erosion studies. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 49, n. 4, p. 277-287, Jan. 1999.

CANTALICE, J. R. B.; MORGALIS, E. Características da chuva e correlação de índices de erosividade com as perdas de solo de agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 275-281, maio/ago. 1993.

CARVALHO, M. P.; CATANEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Índice de erosividade da chuva e enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Roxo distrófico de Campinas-SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 3, p. 445-450, set./dez. 1993.

CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R. M. Programa para cálculo de erosividade da chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 6, n. 3, p. 236-239, set./dez. 1982.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condição de chuva natural: I – Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada. (1ª aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978a. v. 2, p. 75-97.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condição de chuva natural: II – Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água. (1ª aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1978b. v. 2, p. 99-107.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a quatro padrões de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 85-493, abr./jun. 2001.

HORNER, W. W.; JENS, S. W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. **Transaction America Society of Civil Engineering**, St. Joseph, v. 107, n. 6, p. 1039-1117, Nov./dec. 1941.

HUGGINS, L. F.; BURNEY, J. R. Surface runoff, storage and routing. In: **HAAN, C. T. ; JONHSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L.** **Hydrologic modeling of small water-sheds.** Joseph, 1982. p. 169-225. (Monograph)

KINNEL, P. I. A. Rainfall intensity-kinetic energy relationship for soil loss prediction. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 45, n. 1, p. 153-155, Jan./Feb. 1981.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índice de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados – primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 427-434, jul./set. 1997.

MEHL, H. U.; 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, abr./jun. 2001.

MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Interrill runoff and erosion: effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. **Transaction America Society of Civil Engineering**, St. Joseph, v. 35, n. 4, p. 1199-1203, July/Aug. 1992.

MORAIS, L. F. B. Índice de erosividade de chuvas naturais correlacionadas com perdas de solo em três locais do Rio Grande do Sul. 1986. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, A. M. Erosividade, erodibilidade e perdas por erosão em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. 2003. 72 p. (Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transaction America Society of Civil Engineering, Geophys Union**, Washington, v. 39, p. 285-291, 1958.

CAPÍTULO 3

ESTIMATIVAS DA EROSIVIDADE MENSAL, ANUAL E DO TEMPO DE RECORRÊNCIA PARA LAVRAS, MG.

RESUMO

AQUINO, Regimeire Freitas. Estimativa da erosividade mensal e anual, associadas ao tempo de recorrência, para Lavras, MG. 2005. 21p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A distribuição de probabilidades, ajustada a fenômenos estocásticos, como os hidrológicos, é uma das ferramentas mais utilizadas para monitorar o comportamento de sistemas naturais, para que seja possível prever a sua resposta associada a uma frequência de ocorrências, como precipitações extremas, são fundamentais nos estudos de erosão hídrica. Este trabalho teve como objetivo aplicar cinco distribuições de probabilidades a valores de erosividades mensais e anual e estimar o tempo de recorrência destes valores pela melhor distribuição de probabilidade ajustada para a região de Lavras, MG. A série de precipitação estudada é de 1961 a 2004 e as distribuições de probabilidades utilizadas foram a de Gumbel, Gama, Log-normal 2 e 3 parâmetros e Normal. Avaliou-se que as distribuições Gama e Gumbel produziram a menor quantidades de séries não adequadas, registrando apenas uma para o mês de agosto. As demais distribuições produziram maiores quantidades de séries não adequadas, especialmente, a distribuição Log-normal 2 parâmetros. Sendo assim, recomenda-se para o cálculo de erosividade que seja feita uma verificação prévia da melhor distribuição para cada período da série estudada, apesar dos dados apontarem um desempenho considerável da distribuição Gumbel.

*Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Orientador), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA (Co-orientador) e Nilton Curi – DCS/UFLA (Co-orientador).

ABSTRACT

AQUINO, Regimeire Freitas. 2005. Estimative of month-, annual- and recurrence time of erosivity for Lavras, MG. 21p. Dissertation (Master Program in Soils and Nutrition of Plants) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The distribution of probabilities, adjusted to the stoclastic phenomena, as the hydrologic ones, is one of the tools mostly used to monitor the behavior of natural systems, so that it is possible to foresee its reply, associated with a frequency of occurrences, as extreme precipitations, are basic in the studies of water erosion. This work had as objective to apply five distributions of probabilities to values of monthly and annual and to estimate the time of recurrence of these values for the best distribution of probability adjusted to the region of Lavras, MG. The studied precipitation series is from 1961 to 2004 and the used distributions of probabilities were the Gumbel, Gamma, Log-normal 2 and 3 parameters and Normal. It was evaluated that the distributions Gamma and Gumbel produced the minor quantities of non-adequate series, registering only one for the August month. The other distributions produced higher amounts of non-adequate series, especially, the Log-normal distribution 2 parameters. Being thus, it is recommended that for the calculation of erosivity should be done a previous verification of the best distribution for each period of the studied series, despite the data pointing a considerable performance of the Gumbel distribution.

Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva – DCS/ UFLA (Major Professor), Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA and Nilton Curi – DCS/UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O planejamento conservacionista adequado e econômico, levando em conta as condições edafoclimáticas de uma área, requer o conhecimento dos fatores que influenciam o comportamento da erosão local. A potencialidade das chuvas em provocar erosão constitui, dentre outros fatores, um parâmetro de identificação imprescindível, pois, do seu conhecimento, dependem o planejamento e a execução de um adequado programa conservacionista.

O conhecimento do comportamento e distribuição da erosividade para o município de Lavras, MG, poderá fornecer subsídio para determinação de períodos críticos predominantes na região e, tem-se condição de fornecer informações que visem reduzir as perdas de solo. Assim, é de grande importância à obtenção de estimativas das quantidades anuais e mensais baseadas em dados amostrais de anos anteriores.

Segundo Silva (2003), os solos do Sul de Minas Gerais encontram-se em boa parte sob acelerado processo de desagregação. Todavia, em função da ausência de informações de dados científicos, obtidos diretamente no campo, fica difícil conscientizar os segmentos sociais da importância deste fenômeno. O manejo e a conservação do solo são responsabilidade da sociedade como um todo. Nesse sentido, a avaliação das perdas de solo dentro do processo de produção agrícola assume importância fundamental na escolha e adoção de práticas que visem minimizar a degradação de solo e conseqüentemente manter ou aumentar a sustentabilidade na atividade agrícola.

Sob condições climáticas em que ocorrem eventos extremos, a distribuição de Gumbel tem se mostrada adequada para descrever estes eventos, principalmente quando se trata de precipitações máximas. Sabendo-se que a erosividade está intimamente relacionada com as intensidades e precipitações

máximas, a escolha dos modelos para estimativa da erosividade foi baseada nos estudos relacionados à precipitação já existente.

Estudando o ajustamento da distribuição de Gumbel a dados de precipitação pluviométrica máxima diária, coletados no período de 1914 a 1986, na região de Lavras, Gomes et al. (1998) concluíram que os dados de chuvas máximas diárias ajustaram-se à referida distribuição em períodos de um ano e um mês, exceto para o mês de julho; em períodos de 10 e 15 dias houve ajustamento do modelo somente na estação chuvosa.

Eltz et al. (1992) analisaram o período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS, utilizando o modelo de distribuição de Gumbel. Pinto (1995) analisou a relação entre chuvas intensas de diferentes durações e a chuva com duração de 24 horas para 29 estações pluviométricas distribuídas no estado de Minas Gerais, visando obter fatores de conversão que possibilitem a estimativa de chuvas de curta duração a partir de informações advindas de pluviômetros, foram testadas as distribuições Gumbel, Log-normal a dois e três parâmetros, empregando períodos de retorno de 2, 5, 10 e 20 anos. O autor concluiu que as distribuições de Gumbel e Log-normal a dois parâmetros foram as que melhor se ajustaram aos dados observados.

A distribuição Gama pode ser aplicada em vários estudos, pois é uma função flexível, podendo assumir ou ajustar-se a diferentes tipos de curvas, passando por diversos graus de assimetria. Castro Neto et al. (1980) ajustaram uma função potencial aos dados diários de chuva para a região de Lavras (MG), para identificarem os meses que apresentam maiores probabilidades de ocorrência de períodos secos. De maneira semelhante, Castro Neto et al. (1981) verificaram que as maiores probabilidades de períodos chuvosos em Lavras, MG ocorreram nos meses de novembro a março.

Conforme Mood et al. (1974) e Bearzoti (1998), o método da máxima verossimilhança é o mais utilizado para a obtenção de estimadores. Este método

pressupõe que a função de verossimilhança seja conhecida ou pressuposta. A interpretação da função de verossimilhança reflete a probabilidade máxima da amostra ter sido retirada da população da qual foi verdadeiramente retirada.

O tempo de recorrência, definido como o intervalo médio de tempo em longo prazo ou o número de anos que separam um evento de dimensão conhecida de outro evento com dimensão igual ou superior, é um importante parâmetro da erosividade. Ele pode ser determinado pelos métodos de Gumbel, Gama, Log-Normal 2 e 3 parâmetros e Normal. Dessa forma, os valores anuais e mensais de determinado evento aproximam-se de um padrão definido de distribuição de frequência quando o número de observações, em cada ano, torna-se mais amplo possível (Schwab et al., 1966). No caso do terraceamento agrícola (Schwab et al., 1966; Lombardi Neto, 1989), tal evento hidrológico é calculado normalmente para um período de recorrência de 10 a 15 anos.

No caso de tempo de recorrência altos, adota-se o procedimento da distribuição de frequência estimada por lei de probabilidade teórica, possibilitando um cálculo mais preciso da probabilidade. Em geral, as distribuições que mais são aplicadas a valores extremos são as de Gumbel, Log-Normal de dois parâmetros e Log-Normal três parâmetros (Pinto, 1999).

Este trabalho teve como objetivo aplicar cinco distribuições de probabilidade para valores de erosividade, mensais e anuais, verificando o melhor ajuste, e, determinando o tempo de recorrência da erosividade para Lavras, MG.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de precipitação registrados em pluviogramas, correspondente, ao período de 1961 a 2004, da Estação Climatológica Principal de Lavras, MG, obtidos junto ao Instituto de Meteorologia de Minas Gerais (IMNET-MG).

Para o período de 1961 a 1985, o índice EI_{30} foi obtido através do trabalho de Val, (1986), o qual utilizou a metodologia proposta por Wischmeier & Smith (1958):

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

Onde;

EC = energia cinética da chuva ($MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$);

I = intensidade da chuva (mm h^{-1}).

O EI_{30} foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total pela máxima intensidade ocorrida por um período de 30 minutos consecutivos (I_{30}).

Em relação ao período de 1986 a 2004, o índice EI_{30} foi calculado através da equação desenvolvida por Val (1986), para Lavras, MG :

$$EI_{30} = 125,92 (Rc)^{0,603} \quad r = 0,986 \quad (2)$$
$$Rc = p^2 P^{-1}$$

Onde;

Rc = coeficiente de chuva (mm);

p = precipitação média mensal (mm);

P = precipitação média anual (mm).

Às frequências observadas das 13 séries históricas de erosividade foram ajustadas as distribuições de probabilidades Gumbel, Gama, Log-normal 3 parâmetros, Log-normal 2 parâmetros e Normal. As estimativas dos parâmetros foram realizadas com base na metodologia da Máxima Verossimilhança, conforme descrito em Maranzano & Krzystofowicz (2004), Casella & Berger (1990) e Clarke (2001). Foi aplicado o teste de χ^2 ao ajuste das distribuições, para fins de análise da precisão das mesmas, além da adequacidade propriamente dita. Segundo Walpole & Myers (1978) e Catalunha et al. (2002) este teste é um excelente indicador da “bondade” do ajuste das distribuições de probabilidades, por refletir o quadrado médio do erro:

$$\chi^2_{cal} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_{obsi} - f_{teori})^2}{f_{teori}} \quad (3)$$

Em que f_{obsi} e f_{teori} são as frequências observada e teórica na respectiva classe de frequência i e n , o número de classes. A distribuição é adequada se χ^2_{cal} for menor que χ^2_{tabela} e a mais precisa, obtida a partir do menor valor de χ^2 . O valor de χ^2_{tabela} foi obtido considerando como graus de liberdade um valor intermediário entre $(n-1)$ e $(n-p_p-1)$, onde p_p é o número de parâmetros do modelo de probabilidades, pela incerteza a respeito do valor exato deste, conforme descrito por Ferreira (2005), assim foi adotado o valor $(n-2)$ para graus de liberdade para todos os modelos de probabilidade deste trabalho. Uma vez avaliada a distribuição de maior precisão para as séries estudadas, foram calculadas as erosividades associadas a diferentes níveis de probabilidade.

Segundo Katz et al. (2002) e Clarke (2001) a estimativa dos parâmetros das distribuições de probabilidades por meio da Máxima Verossimilhança produz maior precisão das estimativas das frequências observadas por maximizarem a probabilidade de ocorrência dos valores observados. Isto