

UNESP



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

1210001120



**EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E
CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DE TEODORO SAMPAIO-SP
ALUNO: GILBERTO COLODRO
ORIENTADOR: MOREL DE PASSOS E CARVALHO**

Te.1120

**EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E
CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DE TEODORO SAMPAIO (SP)**

GILBERTO COLODRO

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração
em Sistema de Produção

1210001120



ILHA SOLTEIRA
Março de 1999

Proc. 54/99-NRD 159

UNESP - "CAMPUS" DE ILHA SOLTEIRA SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA <i>12/11/99</i>	DATA DE TCMBO <i>30/11/99</i>
REGISTRO <i>Ilha</i>	TCMBO <i>1.120</i>
AQUISIÇÃO <i>Doacal - auto</i> <i>R\$ 10,00</i>	CLASSIFICAÇÃO <i>C718e</i>

5010500 - Agrometeorologia

***“EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E CORRELAÇÃO
COM A PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE TEODORO
SAMPAIO – SP”***

GILBERTO COLODRO

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA
SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA**

COMISSÃO EXAMINADORA:



**Prof. Dr. Morel de Passos e Carvalho
Orientador**



Prof Dr. Angelo Cataneo



Prof. D. Walter Veriano Valério Filho

**Ilha Solteira – SP
Março de 1999**

**EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E
CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO
PLUVIOMÉTRICA DE TEODORO SAMPAIO (SP)**

GILBERTO COLODRO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Morel de Passos e Carvalho

Dissertação apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira - Universidade Estadual
Paulista "Júlio de Mesquita Filho",
como parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração
em Sistema de Produção

ILHA SOLTEIRA
Março de 1999



A DEUS e ao meu CRISTO interior, agradeço

Em memória, aos meus pais

Matheus e Maria

Minha admiração e gratidão eternas

*À minha esposa Adriana, pela
compreensão e carinho em todos
os momentos, e à Isabela,*

Ofereço

À Maria José, Maria Elena, Marina,

Josiane, Rosiane, e Tereza, e ao

Vavá, João, Antônio, Jeremias,

Persival, Edson e Anderson

Dedico



O desejo construtivo é a atividade expansível dentro da vida, porque é só desse modo que idéias sempre maiores, atividades e realização são impelidas a se expressar no mundo externo da substância e da forma.

Saint Germain



AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. *Morel de Passos e Carvalho*, pela amizade, incentivo e orientação;

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira;

Ao Profº Drº *Angelo Cataneo*, da Faculdade de Agronomia de Botucatu/UNESP;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio e financiamento da pesquisa;

Ao Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo pela disponibilidade dos dados e aos seus funcionários pelo atendimento cordial;

Ao Profº Drº *Adyles Arato Júnior* e aos funcionários *Elias Amaral dos Santos e Hérica Renata Bocche Lomba*, do Departamento de Engenharia Mecânica;

Ao Prof. Dr. *Marco Eustáquio de Sá*, pela amizade e orientações;

Aos Professores *Marlene Cristina Alves, Salatier Buzetti, Mário Luiz Teixeira de Moraes, Alcebiades Ribeiro de Campos, Orivaldo Arf, Fernando Braz Tangerino Hernandez, Shizuo Seno, Silvia Maria Almeida Lima, Carlos Augusto Moraes e Araújo, e Enes Furlani Junior*;

Ao *Domingos Pinto Carneiro* e à *Ângela Maria Marcelino Kato* do Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural ,

Aos funcionários da Gráfica da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em especial ao *Francisco de Souza Guimarães* e *Ana Lúcia Peres Rodrigues Heinst*;

Ao *Arlindo Avanzo Urzulin* e à *Maria de Fátima Sabino* pela amizade e companheirismo;

Aos alunos da pós-graduação, em especial ao *Arnaldo Pedroso Coelho* e *Cassiano Garcia Roque*;

Ao amigo *Valdo Fernando Costa*.



SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xii
RESUMO.....	xiv
SUMMARY.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. Equação Universal de Perdas do Solo.....	03
2.2. Índice de erosividade EI_{30}	05
2.2.1. Utilização do índice EI_{30} como avaliador da erosividade da chuva....	06
2.2.2. Distribuição espacial do fator R.....	07
2.2.3. Distribuição temporal do fator R.....	10
2.2.4. Período de retorno e probabilidade de ocorrência do fator R.....	11
2.2.5. Coeficiente de chuva: correlação com o índice de erosividade.....	13
3. MATERIAL E MÉTODO.....	17
3.1. Material utilizado.....	17
3.1.1. Caracterização do local de origem dos dados.....	17
3.1.2. Pluviômetro, pluviógrafo e pluviograma utilizados.....	17
3.1.3. Mesa digitalizadora e programas computacionais utilizados.....	19
3.2. Método empregado.....	20
3.2.1. Obtenção das características das chuvas.....	20
3.2.1.1. Determinação do número total de chuvas estudadas.....	20
3.2.1.2. Cotamento dos pontos de inflexão da intensidade da chuva..	21
3.2.1.3. Digitalização dos pontos de inflexão da intensidade da chuva	21

3.2.1.4. Passagem dos pontos de inflexão da intensidade da chuva pela consistência, correção e redigitalização.....	21
3.2.1.5. Energia cinética total da chuva (E).....	22
3.2.1.6. Intensidade máxima em trinta minutos (I_{30}).....	23
3.2.1.7. Índice de erosividade da chuva.....	24
3.2.2. Estudo da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos índices de erosividade.....	24
3.2.3. Coeficiente de chuva.....	25
4. RESULTADOS.....	27
4.1. Caracterização da erosividade da chuva.....	27
4.1.1. Fator erosividade da chuva.....	27
4.2. Distribuição da precipitação e da erosividade da chuva.....	29
4.2.1. Distribuição anual, sazonal, mensal e decenal da precipitação e da erosividade da chuva.....	29
4.2.2. Curva de distribuição do índice de erosividade.....	31
4.2.3. Frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano.....	31
4.3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices de erosividade.....	37
4.3.1. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade	37
4.3.2. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais....	40
4.3.3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva do ano.....	40



4.4. Coeficiente de chuva: Correlação com o índice de erosividade EI_{30} médio mensal.....	52
5. DISCUSSÃO.....	55
5.1. Caracterização da erosividade da chuva.....	55
5.1.1. Fator erosividade da chuva.....	55
5.2. Distribuição da precipitação e da erosividade da chuva.....	57
5.2.1. Distribuição anual, sazonal, mensal e decendial da precipitação e da erosividade da chuva.....	57
5.2.2. Curva de distribuição do índice de erosividade.....	61
5.2.3. Frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano.....	62
5.3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices de erosividade	63
5.3.1. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade	63
5.3.2. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais..	65
5.3.3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva do ano.....	66
5. 4. Coeficiente de chuva: correlação com o índice de erosividade EI_{30} médio mensal.....	67
6. CONCLUSÕES.....	69
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71



LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Localização geográfica do município de Teodoro Sampaio no Estado de São Paulo.....	18
2. Distribuição dos valores médios mensais do índice de erosividade EI_{30} e da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	34
3. Distribuição decendial do índice de erosividade de Teodoro Sampaio (SP), analisado durante o período de 1976 a 1994. Dados em porcentagem.....	35
4. Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	39
5. Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	42
6. Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de janeiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	47

7.	Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de fevereiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	48
8.	Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade para chuvas individuais do mês de março de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	49
9.	Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de dezembro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	50
10.	Regressão entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e coeficiente de chuva de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	54



LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
1 Distribuição decendial dos valores dos índices de erosividade EI_{30} da chuva de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	28
2 Quantidade total anual de chuva e a utilizada para o cálculo do índice de erosividade EI_{30} , durante o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).....	30
3 Distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	32
4 Distribuição média decendial e mensal do índice de erosividade EI_{30} de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	33
5 Frequência da chuva individual mais erosiva do ano, dentro de um mês específico. Análise de 19 anos de registro de dados durante o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).....	36
6 Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade EI_{30} de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	38
7 Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	41

8	Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de janeiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	43
9	Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de fevereiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	44
10	Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de março de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	45
11	Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de dezembro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.....	46
12	Valores dos máximos índices mensais de erosividade esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva de Teodoro Sampaio, avaliado de 1976 a 1994.....	51
13	Valores médios e média anual de precipitação pluviométrica, coeficientes de chuva e índices de erosividade EI_{30} calculados, obtidos durante o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).....	53



COLODRO, G. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), Ilha Solteira, SP, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

RESUMO

Foi estudada a erosividade da chuva do município de Teodoro Sampaio (SP), utilizando-se a metodologia sugerida por WISCHMEIER & SMITH (1958). Foram separadas 812 chuvas individuais consideradas erosivas de uma série contínua de 19 anos de registros de dados pluviográficos, de acordo com WISCHMEIER (1959) e WISCHMEIER & SMITH (1978), com pequenas modificações propostas por CABEDA (1976). Todas as chuvas selecionadas foram cotadas, digitalizadas, e posteriormente analisadas através do programa de CATANEO et al. (1982). O fator erosividade da chuva, ou o índice de erosividade EI_{30} médio anual calculado, foi de 7172 MJ.mm/ha.h.ano, o qual é esperado que ocorra no local pelo menos uma vez a cada 2,33 anos, com uma probabilidade de ocorrência de 42,9%.

Foi observada uma distribuição de 74,0% do total da erosividade anual durante o semestre de outubro a março, indicando que é esperada a maior parte das perdas anuais de solo neste período. Portanto, objetivando-se concordar com os corretos preceitos conservacionistas do solo, nessa época do ano devem ser estabelecidas e mantidas as práticas conservacionistas mais eficientes e que, por conseguinte, evitem ao

máximo as perdas de solo por erosão. O período entre maio e agosto apresentou 13,4% do total da erosividade anual.

Os valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio, esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, foram respectivamente de 6831, 8666, 9877, 11046, 12546 e 13675 MJ.mm/ha.h.ano. Também, os valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais, esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, foram respectivamente de 1223, 1853, 2274, 2675, 3195 e 3585 MJ.mm/ha.h.

Para o local estudado observou-se uma elevada correlação entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva. Portanto, a equação de regressão determinada permite que seja estimado, com boa margem de segurança, o fator R para outros locais que não possuam dados pluviográficos, mas que, entretanto, tenham dados pluviométricos e condições climáticas semelhantes às de Teodoro Sampaio (SP).

Palavras-Chave: Período de retorno, probabilidade de ocorrência, coeficiente de chuva, fator R, erosividade da chuva, fator erosividade.



COLODRO, G. Rainfall erosivity: its distribution and relationship with the nonrecording rain gauge precipitation at Teodoro Sampaio city (Sao Paulo State - Brazil). Ilha Solteira, 1999, 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

SUMMARY

Rainfall erosivity at Teodoro Sampaio City was studied through methodology proposed by WISCHMEIER and SMITH (1958). A set of 812 erosive individual rains was selected, stem from a continuun of nineteen years of nonrecording rain gauge data, according to WISCHMEIER (1959) and WISCHMEIER and SMITH (1978) and slightly modified by CABEDA (1976). All the selected rains were computed by the computational package of CATANEO and collaborators (1982). The rainfall erosivity factor computed was 7172 MJ.mm/ha.h.y, which is expected to occur at least one time each 2.33 years, with a probability of occurrence of 42.9%.

The most annual soil loss is expected to occur between the months of October and March, as shown by the 74.0% of the total annual erosivity for that period. Therefore, objectiving to agree with the corrects soil conservation principles, is recommended that the better soil conservation pratices be established and maintained throughout that particular period of the year for an effective erosion soil loss control.

The values of the annual erosivity indexes at that site expected for the return periods of 2, 5, 10, 20, 50, and 100 years were repectively 6831, 8666, 9877, 11046, 12546, and 13675 MJ.mm/ha.h.y. Moreover, the annual maximum values of



erosivity indexes at individual storms expected for the return periods of 2, 5, 10, 20, 50, and 100 years were respectively 1223, 1853, 2274, 2675, 3195, and 3585 MJ.mm/ha.h.

A high correlation was found between the monthly mean erosivity index EI_{30} and the rainfall coefficient at that site. Therefore, the regression equation obtained allows a fair estimate of the R factor to be used for other regions where climatic conditions are similar to Teodoro Sampaio's and without available data.

Key-words: Return period, probability of occurrence, rainfall coefficient, R factor, rainfall erosivity, factor erosivity.



1. INTRODUÇÃO

A equação universal de perda de solo prediz a perda média anual do solo que poderá ocorrer em uma área agricultada qualquer. Ela apresenta o produto entre seis variáveis, sendo **R** o fator erosividade da chuva, **K** o fator erodibilidade do solo, **L** o fator comprimento do declive, **S** o fator grau do declive, **C** o fator uso e manejo e **P** o fator práticas conservacionistas do solo. Dentre estes fatores, a erosividade da chuva (fator **R**) que é o objeto deste estudo, determina a sua capacidade em provocar erosão. Esse fator é dimensional, cujo valor é obtido pelo produto entre a energia cinética total da chuva pela sua intensidade máxima em 30 minutos (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

O índice de erosividade EI_{30} desenvolvido nos EUA tem sido calculado e testado em diversos países, sendo sua adaptabilidade questionada em países tropicais e subtropicais (LAL, 1976, HUDSON 1973). No Brasil o índice de erosividade EI_{30} tem sido amplamente determinado (LAL, 1976; LOMBARDI NETO, 1977; CASTRO FILHO et al., 1982; PEREIRA, 1983; MARGOLIS, 1985; MEDINA & OLIVEIRA JUNIOR, 1987; CARVALHO, 1987; MORAIS et al., 1988; BERTOL, 1993). No Estado de São Paulo as



determinações desse índice têm se concentrado no eixo centro-sul, abrangendo dentre outros, os municípios de Campinas, Mococa, Piracicaba e Pindorama.

O município de Teodoro Sampaio, além de estar situado numa região de chuvas intensas (VIEIRA et al., 1991), também possui solos arenosos de elevada erodibilidade. As práticas de conservação do solo nessa região são de fundamental importância agrícola e ambiental. Portanto, são necessárias informações que possibilitem a adoção e manutenção de tais práticas de conservação aos seus solos.

Dentro desse enfoque, o objetivo do presente trabalho será o de obter para Teodoro Sampaio (SP), o seguinte:

- a) Determinar o fator erosividade da chuva, através do EI_{30} , contribuindo assim com o detalhamento e aprimoramento do mapa de linhas isoerosivas do Estado de São Paulo;
- b) Estudar a distribuição anual, sazonal, mensal e decendial do índice de erosividade;
- c) Definir o período de retorno e a probabilidade de ocorrência, tanto para os valores dos índices anuais de erosividade, como para os valores máximos anuais e mensais das chuvas individuais erosivas, e
- d) Correlacionar o índice de erosividade EI_{30} médio mensal com o coeficiente de chuva local.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. 1. Equação Universal de Perdas de Solo

Segundo relatos de WISCHMEIER & SMITH (1965, 1978), a equação universal de perdas de solo foi desenvolvida pelo *National Runoff and Soil Loss Data Center*, juntamente com a Universidade de Purdue (EUA). Uma cooperação entre os projetos de pesquisas estaduais e federal de 49 localidades norte-americanas contribuiu com mais de 10000 parcelas anuais de dados de enxurrada e de perda de solo para esse acontecimento. A equação apresentada prediz a perda média anual de um solo de um local qualquer, através do produto de suas variáveis, cujos valores podem ser expressos numericamente. Sua representação no Sistema Internacional de Unidades (FOSTER *et al.*, 1981) foi a seguinte:

$$A = R.K.L.S.C.P \dots\dots\dots(1)$$

onde: **A** é a perda média anual de solo em t/ha.ano; **R** é o fator erosividade da chuva em MJ.mm/ha.h.ano; **K** é o fator erodibilidade do solo em t.ha.h/ha.MJ.mm; **L** é o fator



comprimento do declive; **S** é o fator grau do declive; **C** é o fator uso e manejo, e **P** é o fator prática conservacionista. As variáveis **L,S,C,P** são adimensionais. Sabe-se da inquestionável importância da utilização da equação universal de perda de solo à uma localidade agrícola qualquer. Elucidando essa importância, é relacionado o seguinte exemplo: Supondo-se que no município de Fartura (SP) pretende-se cultivar soja sob um Latossolo Roxo, através do plantio direto com a cultivar estabelecida em nível, e com os terraços implantados de 50 em 50 m, numa área com 7% de declividade. Assim as variáveis da equação universal de perda de solo local ficariam as seguintes: 1) Fator **R** = aproximadamente 5800 MJ.mm/ha.h.ano, obtido diretamente no mapa de linhas isoerosivas do Estado de São Paulo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990), 2) Fator **K** = 0,012 t.ha.h/ha.MJ.mm, 3) Tolerância de perda de solo: 12 t/ha.ano, 4) Fator **LS** = 1,1496, 5) Fator **C** = 0,1376, e 6) Fator **P** = 0,5. Calculando-se a estimativa da perda de solo A_1 com tais variáveis, isto é, $A_1 = 5800 \times 0,012 \times 1,1496 \times 0,1376 \times 0,5$, resulta que $A_1 = 5,50$ t/ha.ano, ficando tal modalidade de agricultura local de forma correta, uma vez que a tolerância desse solo é de 12 t/ha.ano. Finalmente, as dimensões necessárias à seção transversal triangular do canal do terraço em questão, podem ser de uma base de 10m e com uma altura de 0,60m.

A correlação entre a energia cinética da chuva e a perda de solo foi estudada por WISCHMEIER & SMITH (1958), onde foi desenvolvida uma equação de regressão com elevada significância estatística:

$$E = 916 + 331. \log I \dots\dots\dots (r^2 = 0,98) \dots\dots\dots (2)$$

onde: **E** é a energia cinética em tf.pé/acre.pol e **I** é a intensidade da chuva em pol/h. Essa equação foi baseada em dados detalhados de distribuição do tamanho de gotas da chuva de



LAWS & PARSONS (1943), como também na velocidade terminal de vários tamanhos de gotas, avaliados por LAWS (1941) e também por GUNN & KINZER (1949). A conversão da equação (2) para o Sistema Internacional de Unidades foi a seguinte (FOSTER *et al.*, 1981):

$$E = 0,119 + 0,0873 \cdot \log I \dots\dots\dots (r^2 = 0,98) \dots\dots\dots (3)$$

onde: E é a energia cinética em MJ/ha.mm, e I é a intensidade da chuva em mm/h.

2. 2. Índice de erosividade EI₃₀

A erosividade da chuva é a sua habilidade potencial em causar erosão. Ocorre em função das características físicas das chuvas. Em condições semelhantes de solos pode-se comparar quantitativamente, uma chuva qualquer em relação a outra, possibilitando a criação de uma escala numérica de valores de erosividade (HUDSON, 1973). Portanto, o fator erosividade da chuva é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva em produzir erosão (FAO, 1967).

O cálculo da energia cinética total da chuva, como um componente do índice de erosividade, requer a definição exata de *chuva individual erosiva*. O tempo mínimo e ótimo, definido como o intervalo entre duas chuvas, é função da variação da taxa de infiltração do solo, após o término do primeiro evento, sendo que esse tempo varia com o tipo de solo. No geral, as melhores correlações do EI₃₀ com a perda de solo foram obtidas quando as chuvas separadas por um tempo menor do que 6 horas foram tomadas como únicas (WISCHMEIER, 1959). A conceituação de chuva individual erosiva foi bastante simplificada quando omitiu-se do cálculo do fator R as chuvas menores que 0,5 polegadas (12,7mm), e separadas de outra



por mais do que 6 horas, a menos que ocorresse o caso de 0,25 polegadas (6,4 mm) em 15 minutos (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

A soma dos EI_{30} das chuvas individuais erosivas, em um determinado período de tempo, constitui-se na erosividade da chuva de tal período. Devido ao padrão cíclico aparente dos dados pluviais, previamente descrito por NEWMAN (1970), os índices de erosividade médios anuais norte-americanos foram publicados com base em amostras contínuas de 22 anos. O somatório dos índices de erosividade das chuvas individuais erosivas de um determinado mês constitui-se no seu EI_{30} mensal. Da mesma forma, o somatório dos EI_{30} mensais constitui-se no EI_{30} anual. Finalmente, o índice EI_{30} médio anual, quando oriundo de uma série contínua de pelo menos 22 anos de dados, constitui-se no fator erosividade da chuva, ou fator R (WISCHMEIER & SMITH, 1965, 1978).

A função do fator R é a de quantificar a correlação existente entre a força erosiva da chuva e da enxurrada. O índice utilizado para representá-lo deve ser estatisticamente consolidado através da análise de longo período de dados meteorológicos. Desta forma, o índice EI_{30} comportou-se como o melhor avaliador da erosividade da chuva, por ter proporcionado as mais elevadas correlações com a perda de solo (WISCHMEIER, 1972).

2. 2. 1. Utilização do índice EI_{30} como avaliador da erosividade da chuva

MEDINA & OLIVEIRA Jr.(1987) estudaram a aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo em Manaus (AM), mediante correlação simples com as perdas de solo, utilizando dados pluviográficos diários de uma série de 3 anos. Observaram que o índice EI_{30} foi o que apresentou a menor correlação com as perdas de solo dentre todos



analisados. Os que melhor se correlacionaram foram o Ai_m ($r=0,73$) e o $EI_{7,5}$ ($r=0,70$), ambos significativos a 1% de probabilidade. A baixa correlação do índice EI_{30} ocorreu porque a relação empírica usada para computar o índice erosivo não considerou o efeito do vento, que pode influenciar notadamente tanto a energia cinética como o ângulo de impacto da gota chuva, conforme preconizado por LAL (1976).

O índice EI_{30} foi considerado bom avaliador da erosividade da chuva por DEDECEK (1988), ao estudar os diversos fatores de erosividade em condições de cerrado, no Distrito Federal, utilizando uma série contínua de 8 anos de dados.

MORAIS *et al.* (1988) correlacionaram os índices EI_{25} e EI_{30} com perdas de solo e observaram não haver diferença significativa entre ambos. Sendo assim, concluíram que o índice EI_{30} ainda foi o mais adequado para estimar o potencial erosivo das chuvas nas condições estudadas.

CARVALHO (1992) testou a eficiência do EI_{30} para o Estado de São Paulo, concluindo que tal índice atendeu de maneira satisfatória às conveniências práticas e aos interesses do desenvolvimento da equação universal de perdas do solo para o local. Por outro lado, para o agreste de Pernambuco, CANTALICE & MARGOLIS (1993) correlacionaram o índice EI_{30} e o $KE>25$ com as perdas de solo. Concluíram que o índice que melhor se correlacionou com tais perdas foi o EI_{30} ($r = 0,75$).

ALBUQUERQUE *et al.* (1994) recomendaram o índice de erosividade EI_{30} para estimar as perdas de solo, quando estudaram as correlações das características físicas da chuva com as perdas de solo por erosão, em Caruaru (PE).

2. 2. 2. Distribuição espacial do fator R

A erosividade da chuva de Campinas (SP) (latitude 22° 51'S e longitude 47° 04'W)



foi estudada por LOMBARDI NETO (1977) através do EI_{30} . Foram utilizados dados de 22 anos de precipitação pluviométrica, obtendo-se um fator R de 6667 MJ.mm/ha.h.ano. Os índices anuais de erosividade apresentaram respectivamente os valores de desvio padrão e erro padrão da média de 2243 e 520 MJ.mm/ha.h.ano, e um coeficiente de variação de 35,8%.

LOMBARDI NETO *et al.* (1980) apresentaram o mapa de linhas isoerosivas do Estado de São Paulo através do índice EI_{30} . Observaram que a erosividade aumentou no sentido oeste-leste, assim como no sentido sudoeste-nordeste. Determinaram valores de 6000 a 12000 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente, no oeste e leste, sendo tais valores o dobro daqueles observados para os Estados Unidos da América do Norte, por WISCHMEIER & SMITH (1978).

PEREIRA (1983) estudou a erosividade da chuva de Piracicaba (SP) (latitude 22° 44'S e longitude 47° 33'W) através do índice EI_{30} , determinando um fator R de 5729 MJ.mm/ha.h.ano. Foram obtidos valores de 2158 e 481 MJ.mm/ha.h.ano para o desvio padrão e erro padrão da média respectivamente, e um coeficiente de variação de 37,6%.

Na determinação dos fatores da equação universal de perdas do solo para Caruaru (PE), MARGOLIS *et al.* (1985) utilizaram o índice de erosividade EI_{30} numa série de dados pluviográficos de 4 anos, encontrando um fator R igual a 2100 MJ.mm/ha.h.ano.

VAL (1986) estudou a erosividade das chuvas de Lavras (MG), situada na latitude 21° 14'S e longitude 45° 00'W. Utilizou os índices EI_{30} e o $KE>25$, com dados pluviográficos de um período de 21 anos. Os valores obtidos pelos dois métodos não diferiram estatisticamente, sendo de 6837 e 6483 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para o EI_{30} e $KE>25$.

A erosividade da chuva do Estado do Paraná foi estudada por RUFINO (1986) através do EI_{30} . O autor encontrou valores que variaram na magnitude de 5000 a 12000



MJ.mm/ha.h.ano respectivamente, no nordeste e sudoeste do estado.

SOSA (1987) estudou a erosividade da chuva de Pindorama (SP), na latitude $21^{\circ} 31'S$ e longitude $48^{\circ} 55'W$, utilizando a metodologia do EI_{30} . O valor obtido para o fator R local foi de 6143 MJ.mm/ha.h.ano.

CARVALHO *et al.* (1989a) estudaram a erosividade da chuva de Mococa (SP) (latitude $21^{\circ} 28'S$ e longitude $47^{\circ} 01'W$) pelo índice EI_{30} . Observaram um fator R de 7747 MJ.mm/ha.h.ano. Os valores do desvio padrão e erro padrão da média foram de 2064 e 474 MJ.mm/ha.h.ano respectivamente, e o coeficiente de variação foi de 26,6%.

MORAIS *et al.* (1991) determinaram o índice de erosividade EI_{30} para o sudoeste do Estado de Mato Grosso através de dados pluviográficos de dois postos meteorológicos do município de Cáceres. O tempo de registro de dados foi de 9 e 7 anos, e os fatores R determinados foram de 8493 e 7830 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Barranquinhos e Flechas. As curvas de distribuição relativa acumulada do índice de erosividade médio mensal desses dois postos indicaram uma concentração do potencial erosivo nos meses de novembro e março, respectivamente com 76,0 a 81,0% do total.

CAMPOS FILHO *et al.* (1992) estudaram a erosividade da chuva do agreste de Pernambuco, através do índice EI_{30} , com dados de uma série de 10 anos. Os autores encontraram o fator R de 3551 MJ.mm/ha.h.ano. Observaram que esse baixo valor não foi devido a quantidade de água precipitada, mas sim a intensidade das chuvas, conforme preconizado por CHAVES & DINIZ (1981). LOPES & BRITO (1993) também obtiveram baixo valor do fator R para Caatinga, Bebedouro e Mandacaru, três localidades do Médio São Francisco (PE). Os valores do fator R, encontrados para essas localidades através do EI_{30} , foram respectivamente de 3619, 3657 e 4039 MJ.mm/ha.h.ano.

O índice EI_{30} tem sido utilizado para avaliação do fator R no sul do Brasil.



Assim, foram obtidos valores de 5694 e 6329 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Lages e Campos Novos, localidades do Estado de Santa Catarina (BERTOL, 1993, 1994).

A erosividade de Bauru (SP) foi estudada por LIMA (1995) através do índice EI_{30} . O fator R determinado foi de 8170 MJ.mm/ha.h.ano, com um coeficiente de variação de 18,8%.

CARVALHO *et al.* (1996) estimaram a erosividade da chuva de Botucatu (SP) através de 21 anos de registro de dados pluviométricos, utilizando a equação obtida através do coeficiente de chuvas do município de Mococa (CARVALHO *et al.*, 1991b). O fator R estimado foi de 7468 MJ.mm/ha.h.ano. Também para Selvíria (MS), foi estimada a erosividade da chuva por CARVALHO *et al.* (1997), utilizando essa mesma metodologia, para 16 anos de registros de dados pluviométricos locais. O fator R calculado foi de 6728 MJ.mm/ha.h.ano.

2. 2. 3. Distribuição Temporal do Fator R

LOMBARDI NETO (1977) determinou a distribuição do fator R de Campinas (SP) verificando que 62,0% do seu valor ocorreu no trimestre de dezembro a fevereiro. Para o semestre de outubro a março, a quantia observada foi de 90,7%. Concluiu que é esperada uma grande perda de solo por erosão nesta época.

PEREIRA (1983) observou para Piracicaba (SP) que durante a primavera e o verão foram concentrados 86,1% do EI_{30} médio anual. Também, para o trimestre de dezembro a fevereiro ocorreu 58,0% do total do referido índice, permitindo concluir que grande risco de erosão é esperado neste período.

MARGOLIS *et al.* (1985) determinaram os fatores da equação universal de perdas do solo para Caruaru (PE). Para a determinação do fator R e sua distribuição mensal utilizaram pluviogramas de um período de 6 anos (1970 a 1975). A distribuição mensal dos



valores do índice de erosividade obtidos concentraram-se mais nos meses de janeiro a julho, com 95,0% do total.

Para Pindorama (SP) a distribuição da erosividade anual foi estudada por SOSA (1987). Foi observada uma distribuição de 83,3% durante o semestre de outubro a março.

CARVALHO *et al.* (1989b) observaram para Mococa que 85,0% do EI_{30} médio anual ocorreu de outubro a março, correspondendo a 80,1% do total anual da chuva. Também, para o trimestre de dezembro a fevereiro ocorrem 51,4% e 48,1%, respectivamente do EI_{30} médio anual e do total anual de chuva.

LOPES & BRITO (1993) determinaram a distribuição mensal do EI_{30} para a região do Médio São Francisco (PE). Segundo os autores, 65,0% do EI_{30} médio anual ocorreu durante o trimestre de fevereiro a abril, sendo que somente o mês de março respondeu por 38,0% desse total. Também, o período de outubro a abril representou aproximadamente 93,0% do EI_{30} médio anual.

Foi estudada a distribuição mensal do fator R de Botucatu (SP) e Selvíria (MS) respectivamente por CARVALHO *et al.* (1996, 1997). Em relação ao semestre de outubro a março, foram observadas as proporções de 80,4% e 84,3% para esses locais.

2. 2. 4. Período de retorno e probabilidade de ocorrência do fator R

LOMBARDI NETO (1977) determinou o período de retorno para o fator R do município de Campinas (SP). Obteve o valor de 2,1 anos para o período de retorno, equivalente a uma probabilidade de ocorrência de aproximadamente 47,0%. Assim, foi concluído que é esperado que ocorra, com uma probabilidade de 47,0%, um valor do índice de erosividade anual igual ou superior a 6677 MJ.mm/ha.h.ano, pelo menos uma vez a cada 2,1



anos. Determinou os valores dos índices anuais de erosividade esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos sendo, respectivamente, 6368, 8511, 9930, 11290, 13052 e 14372 MJ.mm/ha.h.ano. Determinou também os valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais esperados nos períodos de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos sendo, respectivamente, 1033, 1476, 1769, 2051, 2415 e 2688 MJ.mm/ha.h.

SOSA (1987) estudou o período de retorno e a probabilidade de ocorrência do fator R de Pindorama (SP). O autor observou que é esperado ocorrer neste local um valor de erosividade anual igual ou superior ao do fator R pelo menos uma vez a cada 2,1 anos, com uma probabilidade de ocorrência de 47,0%. Determinou os valores dos índices anuais de erosividade esperados nos períodos de 2, 5, 20 e 100 anos sendo, respectivamente, 5666, 8234, 11565 e 15259 MJ.mm/ha.h.ano. Determinou também os valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais esperados nos períodos de 2, 5, 20 e 100 anos sendo, respectivamente, 912, 1462, 2175 e 2966 MJ.mm/ha.h.ano.

Para Mococa (SP), o período de retorno e a probabilidade de ocorrência foram determinados para o fator R local (CARVALHO *et al.* 1989b). Os autores encontraram um período de retorno de 2,4 anos com probabilidade de ocorrência de 42,0%. Portanto, é esperado que ocorra com uma probabilidade de 42,0 %, um valor de EI_{30} médio anual igual ou superior a 7747 MJ.mm/ha.h.ano, pelo menos uma vez a cada 2,4 anos. Entretanto, para o dimensionamento do terraceamento agrícola nesse local, podem ser utilizados valores mais convenientes do EI_{30} médio anual, e com período de retorno de 5, 20 e 100 anos, que são respectivamente de 9151, 11455, 14062 MJ.mm/ha.h.ano. Determinaram também os valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais esperados nos períodos de 2, 5, 20 e 100 anos sendo, respectivamente, 862, 1211, 1657 e 2166 MJ.mm/ha.h.ano.

LIMA (1995) determinou para o fator R de Bauru (SP) um período de retorno



de 2,3 anos, equivalente a uma probabilidade de ocorrência de 43,0%. Determinou também os valores dos índices de erosividade anual esperados nos períodos de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos sendo, respectivamente, 7918, 9276, 10174, 11037, 12153 e 12989 MJ.mm/ha.h.ano.

A probabilidade de ocorrência do fator R de Botucatu, determinada por CARVALHO *et al.* (1996), foi de 43,4%. Dessa forma, concluiu-se que o fator R local (7468 MJ.mm/ha.h.ano) pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez a cada 2,3 anos.

CARVALHO *et al.* (1997) estudaram o período de retorno e a probabilidade de ocorrência do fator R para Selvíria (MS). Os autores observaram que é esperado que ocorra neste local um valor de erosividade anual igual ou superior ao do fator R (6728 MJ.mm/ha.h.ano) pelo menos uma vez a cada 2,3 anos, e com uma probabilidade de ocorrência de 42,9%.

2. 2. 5. Coeficiente de chuva: correlação com o índice de erosividade

Fournier^a, citado por LOMBARDI NETO (1977), obteve uma estreita correlação entre o que chamou de degradação específica ou total de erosão anual e um coeficiente de distribuição de chuva *c*, expresso como:

$$c = p^2 / p_n \dots\dots\dots(4)$$

onde: *p* é a média mensal de chuva dos meses chuvosos do ano e *p_n* é a média anual de chuva.

Numa tentativa de se obter uma estimativa precisa do EI₃₀, uma vez que para muitos locais do Estado de São Paulo não existem pluviógrafos, LOMBARDI NETO (1977) ajustou o índice de erosividade EI₃₀ médio mensal de Campinas (SP) com um coeficiente de chuva

^a FOURNIER, F. Climate et Erosion. **Pres Universitaires de France**, Paris, 1960. 201p.



semelhante ao coeficiente da equação (4), dado pela seguinte expressão:

$$R_c = P_m^2 / P_a \dots\dots\dots(5)$$

onde: R_c é o coeficiente de chuva em mm; P_m é a precipitação média mensal em mm, e P_a é a precipitação média anual. Assim a equação obtida foi a seguinte:

$$ei_{30} = 67,414 \cdot R_c^{0,850} \dots\dots\dots(r = 0,991) \dots\dots\dots(6)$$

onde: ei_{30} é o índice de erosividade médio mensal em MJ.mm/ha.h, e R_c é o coeficiente de chuva (mm), e r é o coeficiente de correlação. Para uma localidade que possua uma distribuição de chuva semelhante a de Campinas, assim como uma série pluviométrica contínua de no mínimo 20 anos, foi concluído que tal equação pode apurar precisamente os valores médios do EI_{30} , usando-se apenas dados de quantidade de chuva.

PEREIRA (1983) estudou a relação entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuva de Piracicaba (SP), para um período contínuo de análise de dados de 20 anos. A equação obtida foi a seguinte:

$$ei_{30} = 71,397 \cdot R_c^{0,807} \dots\dots\dots(r = 0,970) (p < 0,01) \dots\dots\dots(7)$$

onde: ei_{30} é o índice EI_{30} médio mensal em MJ.mm/ha.h, R_c é o coeficiente de chuva em mm, r é o coeficiente de correlação e $(p < 0,01)$ é a significância a 1,0%. Concluiu-se que tal equação foi muito semelhante à obtida por LOMBARDI NETO (1977) para Campinas (SP). Dessa forma, ao aplicar os dados de Piracicaba na equação do referido autor, foi encontrado um valor de 6337 MJ.mm/ha.h.ano para o local estudado. Deste modo, ficou evidenciado que o modelo matemático de Campinas estimou o valor da erosividade de Piracicaba em 11,0% a

mais que seu valor real.

SOSA (1987) obteve para um período contínuo de 16 anos de dados de Pindorama a seguinte equação:

$$ei_{30} = 122,973 \cdot R_c^{0,598} \dots\dots\dots (r = 0,988) \dots\dots\dots (8)$$

CARVALHO *et al.* (1991b) estudaram a relação entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva de Mococa (SP), para um período contínuo de análise de dados de 20 anos. A equação obtida foi a seguinte:

$$ei_{30} = 111,173 \cdot R_c^{0,691} \dots\dots\dots (r = 0,991) (p < 0,01) \dots\dots\dots (9)$$

MORAIS *et al.* (1991) estudaram a relação entre o índice EI_{30} médio mensal e o coeficiente da chuva de Barranquinho e Flechas, do Estado de Mato Grosso. As equações obtidas foram, respectivamente, as seguintes:

$$ei_{30} = 56,115 \cdot R_c^{0,9504} \dots\dots\dots (r = 0,9327) (p < 0,01) \dots\dots\dots (10)$$

$$ei_{30} = 36,849 \cdot R_c^{1,0852} \dots\dots\dots (r = 0,9165) (p < 0,01) \dots\dots\dots (11)$$

Observaram que os coeficientes obtidos para as equações (10) e (11), diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$). Assim, apesar da proximidade geográfica entre as duas localidades, não foi proposta uma equação única, que pudesse estimar o EI_{30} para os dois locais. Houve, portanto, a necessidade da aplicação daquela que melhor se ajustou aos dados de distribuição pluviométrica local.

BERTOL (1993) determinou uma equação linear entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuvas para Lages (SC). A equação obtida foi a seguinte:



$$ei_{30} = 0,01 \cdot R_c + 6,93 \dots \dots \dots (r = 0,61^{ns}) \dots \dots \dots (12)$$

onde: ns é não significativo. O coeficiente de correlação foi não significativo, provavelmente devido a grande dispersão dos dados médios mensais do EI₃₀, quando comparados a menor dispersão da precipitação média mensal. Esse fato é normal para as condições do local em estudo, uma vez que os meses com chuvas de alta intensidade média produzem elevados EI₃₀, não apresentando necessariamente elevadas precipitações médias mensais correspondentes. Concluiu que, para Lages (SC), com os dados utilizados no trabalho, ainda não foi possível recomendar esse método de obtenção do EI₃₀ para outras localidades.

BERTOL (1994) determinou uma equação linear entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuvas para Campos Novos (SC). A equação obtida foi a seguinte:

$$ei_{30} = 22,626 \cdot R_c + 238,585 \dots \dots \dots (r = 0,50^{ns}) \dots \dots \dots (13)$$

O coeficiente de correlação foi não significativo, indicando preliminarmente que esse método não é recomendável para a obtenção do EI₃₀ de Campos Novos.



3. MATERIAL E MÉTODO

3. 1. Material utilizado

3. 1. 1. Caracterização do local de origem dos dados

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados pluviográficos e pluviométricos do município de Teodoro Sampaio (SP), obtidos junto ao Departamento Estadual de Água e Energia Elétrica - DAEE. Teodoro Sampaio está localizado na latitude 22° 37'W e na longitude 52° 10'S (Figura 1). Sua altitude média é de 255m. A precipitação média anual é de 1282 mm, (SÃO PAULO, 1993). O tipo climático predominante na região é o Cwa, de acordo com critérios de Koëppen, caracterizado por apresentar-se como mesotérmico de inverno seco, no qual a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18 °C e a do mês mais quente ultrapassa 22 °C (BRASIL, 1960).

3. 1. 2. Pluviômetro, pluviógrafo e pluviogramas utilizados

O pluviômetro utilizado foi o Ville de Paris. O pluviógrafo utilizado, tipo sifão



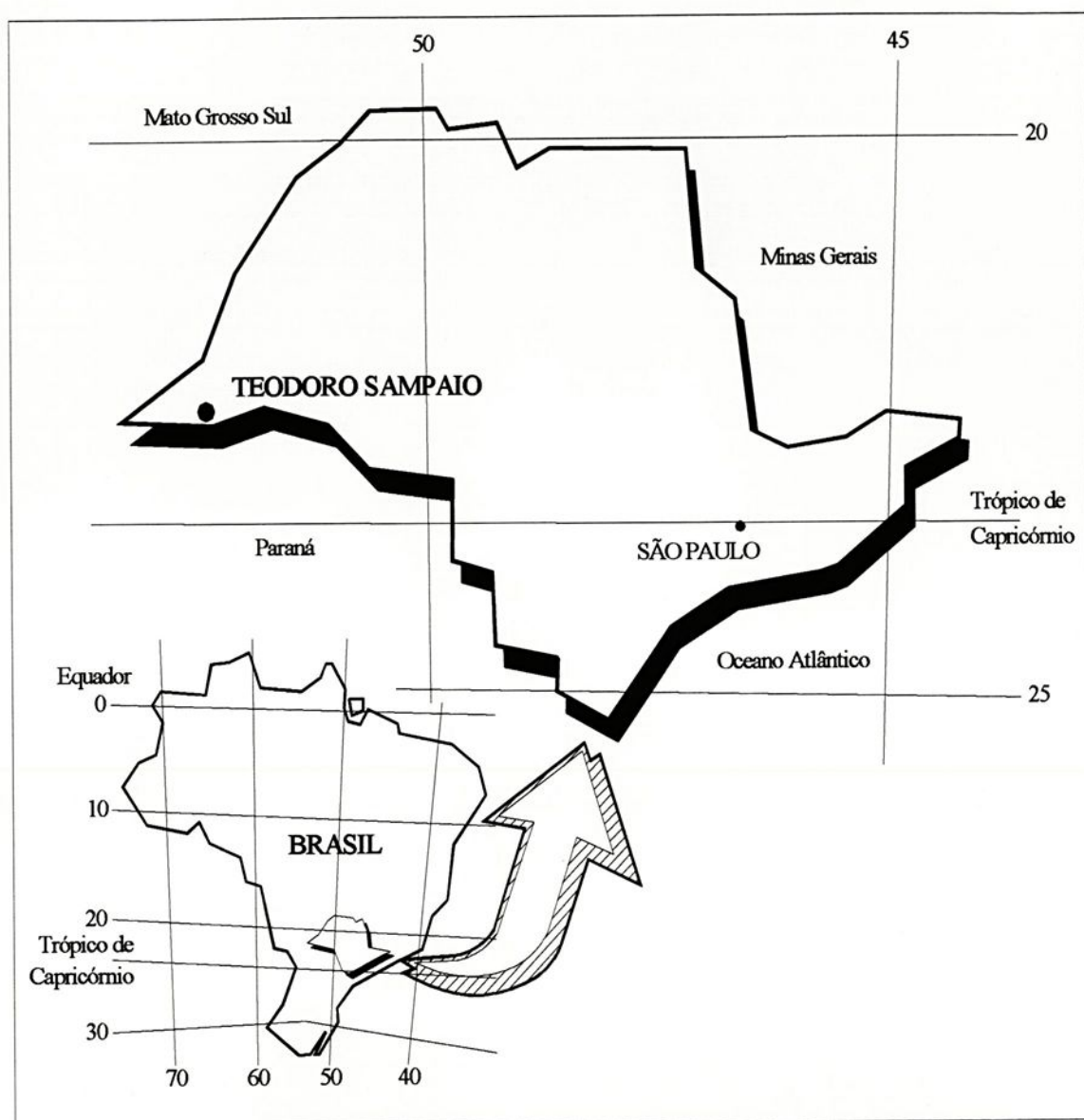


Figura 1 - Localização geográfica do município de Teodoro Sampaio no Estado de São Paulo

IH e modelo Hillman-4, registra incrementos sucessivos de chuva, assim como o total acumulado. Possui autonomia para registrar chuvas ocorridas num intervalo de 24 horas, sendo movido a corda através de um mecanismo de relógio. As chuvas individuais erosivas estudadas (WISCHMEIER, 1959; WISCHMEIER & SMITH, 1978; , CABEDA, 1976) foram obtidas em pluviograma do modelo CED-RE-843, que possui o registro da quantidade de chuva e o tempo de ocorrência, respectivamente, na ordenada e na abscissa. Sua amplitude de registro varia de zero a 10,2mm de precipitação, com unidade de 0,1mm. O registro de tempo é efetuado durante 24 horas, com unidade de 10 em 10 minutos.

3. 1. 3. Mesa digitalizadora e programas computacionais utilizados

A digitalização dos pontos de inflexão da intensidade da chuva foi efetuada na mesa digitalizadora Versa PAD II, que opera pelo princípio da indução eletromagnética, conectada a um microcomputador. Para tanto, foi montado um programa em AUTOCAD, de forma a fornecer a mesma precisão de leitura que a do olho humano, isto é, com o volume da chuva em décimo de milímetro e o tempo em minuto. A referida mesa é basicamente constituída de um tampo ou superfície de digitalização e um cursor de teclas. A área ativa disponível do tampo é de 140800,00 mm² (320,0 mm x 440,0 mm). O cursor, constituído de 4 teclas, é ligado à mesa por um conector tipo D com 9 pinos. O modo de operação trabalhado foi o ponto a ponto, que envia um único par de coordenadas a cada vez que a tecla registradora é acionada, com uma precisão de $\pm 0,05$ mm. Posteriormente, o cálculo da erosividade da chuva foi efetuado no Departamento de Economia e Sociologia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas-FCA/UNESP (Câmpus de Botucatu-SP). Para tanto, foram efetuadas cronologicamente as seguintes fases: digitalização, passagem pela

consistência, redigitação, processamento e análise estatística.

As fases de consistência, redigitação e processamento dos dados foram efetuadas em microcomputador. Para isso, foi utilizado o programa para cálculo de índices de erosividade da chuva de CATANEO *et al.* (1982).

3. 2. Método Empregado

3. 2. 1. Obtenção das características da chuva

A obtenção das características da chuva foi efetuada segundo a seguinte rotina:

3. 2. 1. 1. Determinação do número total de chuvas estudadas

Foram analisados dados pluviográficos do município de Teodoro Sampaio, acumulados durante o período de 01/01/1976 a 31/12/1996, assim como, dados pluviométricos acumulados durante o período de 01/01/1977 a 31/12/1996, obtidos junto ao Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo - DAEE. Em posse do conjunto de pluviogramas, procedeu-se a separação das chuvas estudadas, isto é, as chuvas individuais erosivas. Assim, tais chuvas foram tomadas como sendo aquelas registradas individualmente num único pluviograma, que totalizaram 812 delas. Os critérios de seleção utilizados foram os mesmos que os de WISCHMEIER (1959), WISCHMEIER & SMITH (1978) e CABEDA (1976), com pequenas modificações sugeridas por CARVALHO (1987):

- a) foram tomadas as chuvas que apresentaram um volume de 10,0 mm ou mais; e
- b) foram também tomadas as chuvas que apresentaram menos de 10,0 mm, se o seu volume em 15 minutos fosse de 6,0 mm ou mais.



3. 2. 1. 2. Cotamento dos pontos de inflexão da intensidade da chuva

Após selecionar e separar os pluviogramas das 812 chuvas estudadas, efetuou-se o cotamento dos pontos de inflexão da intensidade. Para tanto, foram estabelecidas a lápis, sobre a curva traçada no pluviograma, cotas em todos os pontos em que o volume de chuva variou em função do tempo, isto é, todos os pontos nos quais houve alteração do ângulo de inclinação da curva. Tal passo visou fixar e homogeneizar o ponto de coleta do par de coordenadas cartesianas pela mesa digitalizadora.

3. 2. 1. 3. Digitalização dos pontos de inflexão da intensidade da chuva

Após o cotamento de todos os pluviogramas, procedeu-se à digitalização dos pontos de inflexão da intensidade da chuva. Para tanto, os pluviogramas foram fixados sobre o tampo da mesa digitalizadora com fita adesiva. Encontrando-se ligado o conjunto mesa-computador, procedeu-se a digitalização dos pontos de inflexão da intensidade, ponto por ponto, deslocando-se o cursor no sentido da origem para o final da abscissa, no pluviograma. As chuvas foram digitalizadas uma por uma, e registradas em arquivos individuais, conforme a rotina estabelecida pelo programa de digitalização em AUTOCAD, desenvolvido pelo Núcleo de Apoio Computacional do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia / UNESP, Câmpus de Ilha Solteira. Assim, o registro do volume de chuva foi efetuado com a unidade de décimo de milímetro e o tempo em minuto.

3. 2. 1. 4. Passagem dos pontos de inflexão da intensidade da chuva pela consistência, correção e redigitalização

Seguidamente, as chuvas foram passadas por um programa de consistência, que



acusava erros de lógica contidos nos registros dos pontos e inflexão da intensidade. Estes erros foram originados, provavelmente, pela digitação errada das coordenadas do pluviograma, digitalização dupla de um único ponto, e falhas do sistema eletrônico do conjunto mesa-computador. Entre eles, o programa acusava: a) tempo negativo; b) volume negativo de chuva; c) precipitação fora do intervalo estabelecido; d) tempo igual ao ponto anterior; e) tempo decrescente e, f) precipitação decrescente. Desta forma, foram efetuadas as correções das chuvas que apresentavam erros através da deleção, redigitação dos pontos, e redigitalização da chuva, quando necessário.

3. 2. 1. 5. Energia cinética total da chuva (E)

Os pontos de inflexão da intensidade foram individualmente registrados com a unidade de décimo de milímetro para o volume da chuva (ordenada) e de minuto para o tempo total (abscissa). Assim, a energia cinética total da chuva foi obtida através do programa desenvolvido por CATANEO *et al.* (1982), segundo a metodologia de WISCHMEIER & SMITH (1958), da seguinte forma:

- a) foram subtraídas, sucessiva e cronologicamente, as leituras referentes ao tempo e ao volume precipitado, obtendo-se a variação de tempo (minutos) e a variação do volume (mm), para todos os segmentos de intensidade uniforme;
- b) foi calculada a intensidade (mm/h), para todos os segmentos de intensidade uniforme, multiplicando-se a variação do volume (mm) do segmento por 60 e dividindo-se tal produto pela respectiva variação de tempo (minuto);
- c) foi calculada a energia cinética do segmento de intensidade uniforme (MJ/ha.mm), através da equação (3) de WISCHMEIER & SMITH (1958), e reajustada ao Sistema Internacional de Unidades por FOSTER *et al.* (1981), dada por:



$$E = 0,119 + 0,0873 \cdot \log I$$

onde: E é a energia cinética do segmento (MJ/ha.mm), e I é a intensidade do respectivo segmento (mm/h). Foi imposto o valor máximo de energia cinética igual a 0,2832 MJ/ha.mm, para todos os segmentos com intensidade igual ou superior a 76,0 mm/h, de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1978).

d) foi multiplicada a energia cinética do segmento de intensidade uniforme (MJ/ha.mm) pelo respectivo volume de chuva (mm), obtendo-se a energia cinética total de cada segmento (MJ/ha), e

e) foram somados os valores de energia cinética total (MJ/ha) de todos os segmentos de intensidade uniforme, resultando a energia cinética total da chuva (MJ/ha).

3. 2. 1. 6. Intensidade máxima em 30 minutos (I_{30})

A intensidade máxima em trinta minutos foi calculada conforme a seguinte expressão, apresentada em CARVALHO *et al.* (1989b):

$$I_{30} = \left(\sum_{i=1}^n i_n \cdot t_n \right) / 30 \dots \dots \dots (14)$$

onde: I_{30} é a intensidade máxima em 30 minutos (mm/h); i_n é o valor da intensidade de ordem n (mm/h), ocorrida dentro do tempo de 30 minutos; t_n é o tempo de ocorrência da intensidade de ordem n , ocorrida dentro do tempo de 30 minutos, e 30 é o espaço de tempo no qual se deseja obter a intensidade máxima.



3. 2. 1. 7. Índice de erosividade da chuva (EI_{30})

O índice de erosividade da chuva EI_{30} foi obtido (MJ.mm/ha.h), de acordo com WISCHMEIER & SMITH (1958), através do produto entre a energia cinética total da chuva (E em MJ/ha) e a intensidade máxima em 30 minutos (I_{30} em mm/h).

3. 2. 2. Estudo da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos índices de erosividade

As análises da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos índices de erosividade foram efetuadas utilizando-se a lei da probabilidade logarítmica e a teoria dos valores extremos, preconizadas em SCHWAB *et al.* (1981). Para tanto, foram utilizadas as seguintes equações para determinar, respectivamente, o período de retorno e o valor teórico do índice de erosividade para um dado período de retorno, dadas a seguir:

$$T = (N + 1)/m \dots\dots\dots(15)$$

onde: T é o período de retorno no qual o índice de erosividade será igualado ou superado; N é o número de anos de registro de dados (tamanho da série), e m é o número de ordem do índice de erosividade, quando a série é colocada em rol decrescente de magnitude;

$$X_c = \bar{X} (1 + cv \cdot k) \dots\dots\dots(16)$$

onde: X_c é o valor teórico do índice de erosividade para um determinado período de retorno; $\bar{X}$ é a média aritmética dos índices de erosividade, cv é o coeficiente de variação dos índices de erosividade e k é o fator de frequência do índice de erosividade para o período de retorno

desejado; dado por:

$$k = (-2,45 \cdot (\gamma + \ln(\ln T - \ln(T - 1)))) / \pi \dots \dots \dots (17)$$

onde: γ é a constante de Euler (0,577) e T é o período de retorno em anos.

Foi utilizado papel de probabilidade logarítmica para plotar os valores dos índices de erosividade observados. Também, para a determinação do número adequado de anos de registro de chuvas para o cálculo de erosividade, foi utilizada a equação de Mokus, relatada em SCHWAB *et al.* (1981), dada por:

$$Y = (4,30 \cdot t \cdot \log \theta)^2 + 6 \dots \dots \dots (18)$$

onde: Y é o número mínimo de anos de chuvas para o cálculo da erosividade; t é o valor tabelado (distribuição “t” de Student) para um dado nível de significância, normalmente de 0,10; com $(Y-6)$ graus de liberdade, e θ é a relação das magnitudes entre o evento com período de retorno de 100 anos e o evento com período de retorno de 2 anos.

3. 2. 3. Coeficiente de chuva

Foi calculado, para cada mês do ano, o coeficiente de chuva, usando-se os valores pluviométricos médios mensais referentes ao mesmo período utilizado para a obtenção do índice de erosividade, isto é, valores referentes ao período de 1976 a 1994. O coeficiente empregado nos cálculos foi o mesmo que o utilizado por LOMBARDI NETO (1977), cuja expressão foi dada pela equação (5).

Em sequência, através do SAS (1988a,b) procedeu-se ao ajuste dos dados dos

índices de erosividade médios mensais e do coeficiente de chuva, às funções dos seguintes tipos: linear, potencial, exponencial, quadrática, logarítmica, semi-logarítmica. Desta forma, foram apresentados os coeficientes de ajuste para o modelo matemático que apresentou o maior coeficiente de determinação (r^2) Foi efetuada a análise de variância com o objetivo de se verificar a significância do ajuste em questão.



4. RESULTADOS

4. 1. Caracterização da erosividade da chuva

4. 1. 1. Fator erosividade da chuva

A soma dos índices de erosividade de todas as chuvas do ano de um determinado local representa a sua erosividade anual. A média aritmética dos índices de erosividade, quando oriundos de uma amostra com 20 ou mais anos de dados, representa o fator R ou fator erosividade da chuva (WISCHMEIER, 1959). Apesar de ser preconizada a utilização de uma amostra com pelo menos 22 anos de dados (NEWMANN, 1970), a adequação do número de anos de registros de dados de erosividade revelou ser de 11,3 anos ($p < 0,10$) ou de 21,2 anos ($p < 0,01$) o tempo mínimo aceitável de dados para obtenção do fator R de Teodoro Sampaio (SP), de acordo com a equação (18), contida em SCHWAB et al. (1981).

O Quadro 1 apresenta a distribuição decendial, média mensal e total anual dos valores do índice de erosividade EI_{30} , bem como o fator erosividade da chuva de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994. O fator erosividade da chuva observado foi

Quadro 1 - Distribuição decendial dos valores do índice de erosividade EI₃₀ da chuva de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Mês	Decên- dios	Anos																		Média do decêndio	Média mensal	
		76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93			94
MJ.mm/ha.h.ano																						
janeiro	1	-	337	832	-	110	49	2080	482	1354	137	361	240	38	36	2001	-	214	-	210	446	1126
	2	63	353	413	-	-	98	-	686	-	-	-	625	1269	853	1288	-	-	92	793	344	
	3	1900	112	-	522	90	161	632	-	399	31	-	27	21	227	23	1038	591	475	140	336	
fevereiro	1	193	-	61	-	112	-	36	-	117	288	133	-	-	144	-	394	322	607	128	133	574
	2	387	-	-	107	1367	265	381	268	-	-	101	1072	38	485	-	-	89	37	312	258	
	3	-	-	80	-	868	181	361	68	76	502	547	-	179	28	116	-	149	193	126	183	
março	1	189	-	2203	-	92	680	-	1753	-	202	-	-	471	-	-	1272	1543	438	41	468	946
	2	-	130	37	-	448	25	752	372	-	1476	1029	-	-	218	17	439	-	-	139	267	
	3	604	20	32	-	-	-	1182	-	81	26	104	141	-	596	396	-	620	120	81	211	
abril	1	72	156	-	258	220	-	-	507	-	68	-	951	191	-	163	-	32	240	88	155	506
	2	475	382	-	-	278	-	83	406	156	136	20	-	188	-	402	83	162	-	-	146	
	3	16	-	-	177	-	1217	-	151	-	309	298	391	129	-	138	250	642	89	81	205	
maio	1	106	41	-	455	-	-	-	22	123	194	197	161	31	-	-	664	59	-	-	108	394
	2	-	-	406	188	114	-	78	45	-	-	844	823	335	-	322	-	90	75	-	175	
	3	93	13	-	48	522	-	49	383	-	162	212	76	65	-	-	136	-	343	111	-	
junho	1	160	-	-	-	-	49	-	185	-	13	-	-	-	142	-	-	-	-	-	29	230
	2	-	57	-	-	-	615	103	-	-	-	-	301	45	141	56	-	-	83	273	88	
	3	-	126	-	-	392	-	368	-	-	-	-	413	10	111	-	136	-	57	543	113	
julho	1	340	-	-	94	-	-	-	-	-	61	-	255	-	-	5	-	-	-	-	40	116
	2	-	-	293	10	-	-	164	-	-	-	-	-	-	-	301	30	-	-	-	42	
	3	-	-	369	-	-	-	-	-	-	14	57	-	-	57	-	-	71	22	63	34	
agosto	1	150	76	-	-	30	-	89	-	-	-	-	17	-	64	-	-	-	-	-	22	218
	2	457	-	-	75	-	-	-	-	-	-	289	11	-	710	359	-	17	-	-	101	
	3	-	-	-	-	417	-	-	-	167	-	896	61	-	-	223	-	36	-	-	95	
setembro	1	82	312	362	5	-	-	70	219	-	375	-	-	-	487	173	-	315	261	-	140	401
	2	-	80	558	1088	44	-	-	211	164	-	-	-	145	287	-	-	175	56	92	153	
	3	-	187	11	289	21	-	11	-	418	-	260	-	-	-	397	218	51	160	37	108	
outubro	1	1133	-	-	47	-	173	611	7	-	41	-	195	-	0	-	347	7	125	32	143	514
	2	445	586	213	-	61	451	197	276	30	105	127	380	95	46	-	203	228	38	290	199	
	3	-	62	36	146	67	1054	64	-	-	253	-	341	154	442	-	-	348	116	182	172	
novembro	1	175	648	39	253	219	-	50	128	203	71	71	577	-	48	674	39	-	111	530	202	568
	2	540	69	105	33	38	206	64	613	98	-	360	162	138	293	49	-	-	-	232	158	
	3	21	309	-	188	204	199	372	145	791	150	210	730	-	27	59	20	213	216	96	208	
dezembro	1	64	1806	96	184	-	647	94	-	485	-	236	16	-	-	35	552	-	466	1538	327	1579
	2	367	57	315	1942	881	40	1610	465	1153	-	129	524	116	102	1129	790	501	145	-	540	
	3	375	60	429	156	937	153	4150	825	2965	163	258	-	304	785	555	216	153	714	333	712	
Total		8407	5979	6890	6265	7532	6263	13651	8195	8679	4706	6736	8526	4092	6360	8881	6027	7369	4995	6723	7172	7172

de 7172 MJ.mm/ha.h.ano, com as seguintes medidas de dispersão: 2076 e 476 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para o desvio padrão e erro padrão da média. O coeficiente de variação apresentado foi de 28,9%.

O Quadro 2 apresenta a quantidade total anual de chuva e a quantidade usada para calcular o índice de erosividade anual de Teodoro Sampaio, durante o período de 1976 a 1994. Como pode ser observado, utilizou-se uma quantia média de 82,4% da precipitação anual da chuva para determinação do fator erosividade da chuva de Teodoro Sampaio. Os valores extremos da quantidade de chuva utilizada foram de 69,6% para o ano de 1981 e 88,7% para o ano de 1978. Ficou evidente, portanto, que 17,6% da precipitação total anual não foi utilizada para a determinação do fator erosividade da chuva, por se tratar de chuvas não erosivas, de acordo com recomendação de WISCHIMEIER & SMITH (1978).

4. 2. Distribuição da precipitação e da erosividade da chuva

4. 2. 1 Distribuição anual, sazonal, mensal e decendial da precipitação e da erosividade da chuva

O estudo da distribuição do potencial erosivo da chuva, bem como a distribuição da quantidade de chuva, é de grande importância para o manejo e o desenvolvimento das culturas agrônômicas. No período em estudo, os valores extremos dos índices anuais de erosividade variaram de 4092 a 13651 MJ.mm/ha.h.ano. Os valores extremos dos índices de erosividade médios mensais foram de 116 e 1579 MJ.mm/ha.h, respectivamente para os meses de julho e dezembro (Quadro 1).



Quadro 2 - Quantidade total anual de chuva e a utilizada para o calculo do índice de erosividade EI_{30} , durante o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).

Ano	Quantidade de chuva			Índice de erosividade
	Total	Usada no cálculo do EI ₃₀		
		Absoluta	Relativa	
	.mm		%	MJ.mm/ha.h.ano
1976	-	1137	-	8407
1977	1367	971	71,0	5979
1978	1170	1038	88,7	6890
1979	1471	1139	77,4	6265
1980	1569	1246	79,4	7532
1981	1329	925	69,6	6263
1982	1824	1534	84,1	13651
1983	1629	1226	75,3	8195
1984	1227	956	77,9	8679
1985	955	755	79,1	4706
1986	1256	967	76,9	6736
1987	1554	1271	81,8	8526
1988	934	702	75,2	4092
1989	1509	1147	76,0	6360
1990	1593	1307	82,0	8881
1991	1112	799	71,8	6027
1992	1433	1110	77,5	7369
1993	1149	844	73,5	4995
1994	1246	992	79,6	6723
Média	1282	1056	82,4	7172

Os Quadros 3 e 4 e a Figura 2 apresentam respectivamente: a distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994; distribuição média decenal e mensal do índice de erosividade EI_{30} de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994, e distribuição dos valores médios mensais do índice de erosividade e da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994. Pelos dados apresentados, pode-se observar que 74,0 % do índice de erosividade ocorreram nos meses de outubro a março. Em contraposição, no semestre complementar, essa quantia foi de apenas 26,0 %, assim como, no trimestre de junho a agosto, de apenas 7,9 %. Por outro lado, em relação à precipitação, o semestre outubro-março correspondeu a 64,8% da quantidade total anual de chuva. A Figura 2 indica haver uma concordância harmônica entre as distribuições médias mensais do índice de erosividade e da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP).

4. 2. 2. Curva de distribuição do índice de erosividade

A Figura 3 apresenta a distribuição da erosividade relativa da chuva de Teodoro Sampaio (SP). Evidencia-se que realmente no semestre de outubro a março ocorreu a maior parte da referida erosividade, uma vez que o seu terço médio apresenta-se com maior inclinação.

4. 2. 3. Frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano

O Quadro 5 apresenta a frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano durante o período de 1976 a 1994. Conforme se observa, os meses de março e dezembro foram os de maior frequência de ocorrência da chuva individual mais erosiva do ano, sendo de

Quadro 3 - Distribuição mensal e anual da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

		Precipitação pluviométrica																	
Ano	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Média
Mês	mm																		
janeiro	302,4	186,5	105,2	79,4	142,8	195,1	188,5	181,8	84,6	55,0	147,8	166,5	306,7	460,2	109,6	83,0	101,8	202,5	160,9
fevereiro	22,9	46,8	101,5	303,0	122,0	164,1	111,0	57,9	129,0	148,4	148,0	102,6	159,5	21,1	77,8	148,2	173,7	148,5	113,2
março	64,3	225,5	35,0	127,7	71,1	223,8	215,4	94,5	177,7	154,9	52,0	88,1	128,7	82,9	165,6	207,3	103,1	81,1	123,2
abril	128,3	12,8	108,4	94,2	157,1	27,6	128,1	57,5	115,3	80,1	165,2	108,7	10,9	152,3	84,3	153,2	81,5	64,6	92,5
maio	29,8	89,6	154,7	153,8	7,0	60,0	183,7	19,5	99,5	200,2	234,1	115,4	28,8	95,1	2,3	226,4	69,3	97,5	98,3
junho	59,9	0,9	0,9	58,7	153,4	162,5	162,1	5,8	17,6	0,7	119,1	30,2	107,9	27,6	100,3	30,3	59,7	153,1	61,0
julho	4,7	140,4	63,3	7,0	15,3	72,7	7,6	1,0	41,0	25,2	69,6	0,0	46,0	81,2	17,5	26,0	38,8	25,3	36,5
agosto	35,5	6,9	33,5	78,6	11,5	37,5	1,5	56,2	2,0	204,3	12,9	0,0	165,4	147,2	2,1	44,0	17,6	0,4	47,6
setembro	112,2	177,6	227,7	155,4	33,5	46,7	183,0	140,7	46,8	80,0	69,1	53,9	161,4	154,5	67,9	227,1	113,7	59,1	114,0
outubro	98,1	64,0	119,9	103,5	303,0	214,9	100,0	31,2	81,8	40,0	197,0	138,7	101,0	66,0	116,4	118,1	121,5	111,6	112,0
novembro	186,0	61,1	135,0	109,9	98,6	180,1	199,9	170,8	92,5	113,7	240,6	46,8	123,6	133,3	106,8	61,4	79,6	119,0	118,9
dezembro	323,3	157,4	385,6	298,1	214,0	439,2	148,4	410,4	67,2	153,3	98,9	82,8	169,3	171,5	261,0	107,7	189,0	182,8	204,3
Total anual	1367,4	1169,5	1470,7	1569,3	1329,3	1824,2	1629,2	1227,3	955,0	1255,8	1554,3	933,7	1509,2	1592,9	1111,6	1432,7	1149,3	1245,5	1282,3

Quadro 4 - Distribuição média decendial e mensal do índice de erosividade EI₃₀ de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Mês	Decêndios	Índice de erosividade	
		Decendial	Mensal
		%	
Janeiro	1	6,2	15,7
	2	4,8	
	3	4,7	
Fevereiro	1	1,9	8,0
	2	3,6	
	3	2,6	
Março	1	6,5	13,2
	2	3,7	
	3	2,9	
Abril	1	2,2	7,1
	2	2,0	
	3	2,9	
Maio	1	1,5	5,5
	2	2,4	
	3	1,6	
Junho	1	0,4	3,2
	2	1,2	
	3	1,6	
Julho	1	0,6	1,7
	2	0,6	
	3	0,5	
Agosto	1	0,3	3,0
	2	1,4	
	3	1,3	
Setembro	1	2,0	5,6
	2	2,1	
	3	1,5	
Outubro	1	2,0	7,2
	2	2,8	
	3	2,4	
Novembro	1	2,8	7,9
	2	2,2	
	3	2,9	
Dezembro	1	4,6	22,0
	2	7,5	
	3	9,9	
Total	-	100,0	100,0

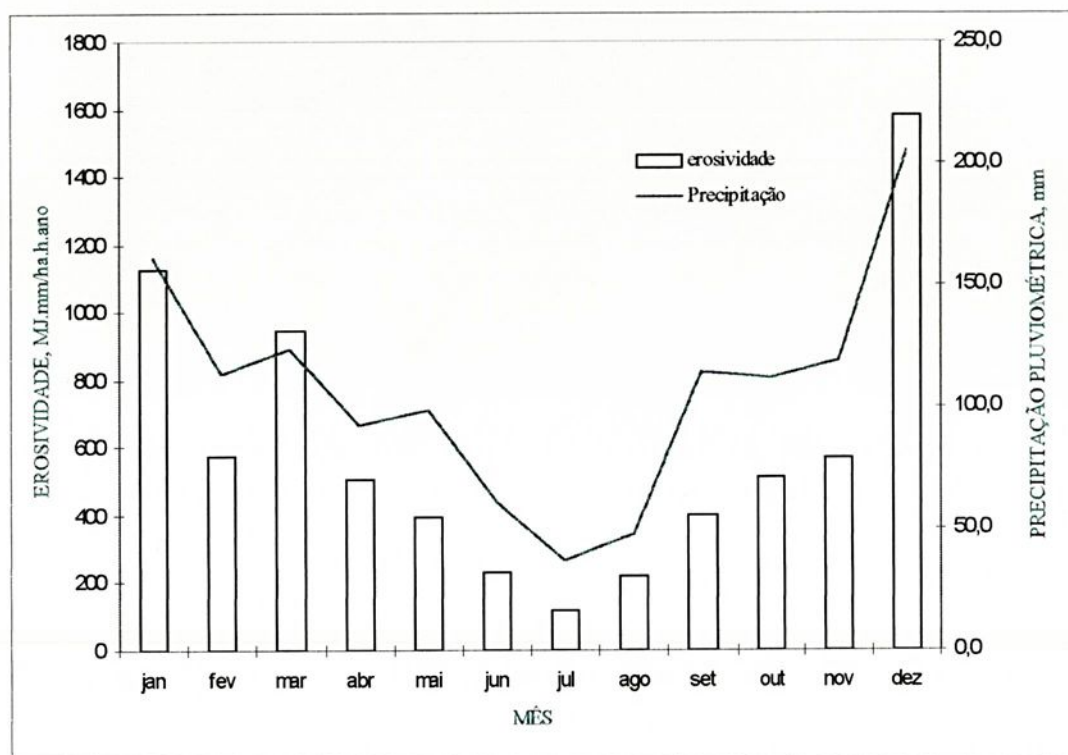


Figura 2. Distribuição dos valores médios mensais do índice de erosividade EI30 e da precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

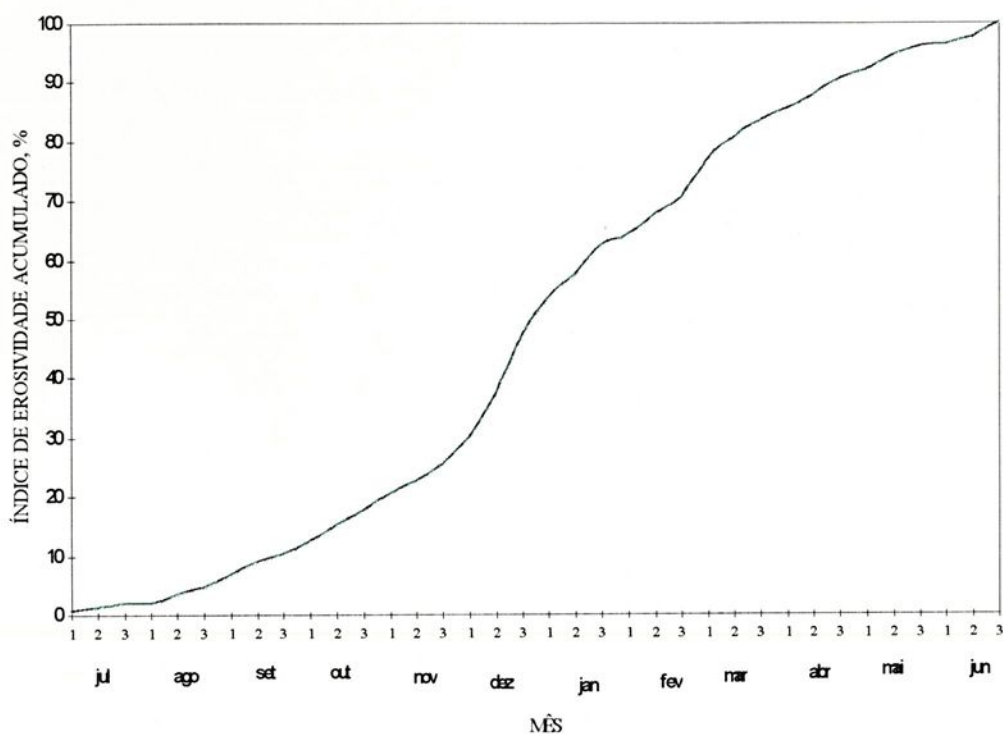


Figura 3. Distribuição decendial do índice de erosividade de Teodoro Sampaio (SP), analisado durante o período de 1976 a 1994. Dados em porcentagem.

6 vezes por mês para cada um deles. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram uma frequência de 3 vezes, sendo o mês de outubro o de menor frequência, com apenas uma vez.

Quadro 5 - Frequência da chuva individual mais erosiva do ano, dentro de um mês específico. Análise de 19 anos de registro de dados durante o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).

Mês	Frequência mensal
Janeiro	3
Fevereiro	3
Março	6
Abril	-
Maio	-
Junho	-
Julho	-
Agosto	-
Setembro	-
Outubro	1
Novembro	-
Dezembro	6
Total	19

4. 3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices de erosividade

4. 3. 1. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade

No Quadro 6 é apresentada a probabilidade de ocorrência e o período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994. Observa-se que os valores do período de retorno e da probabilidade de ocorrência determinados para o maior índice de erosividade anual observado (13651 MJ.mm/ha.h.ano) foram respectivamente 20,0 anos e 5,0%. Da mesma forma, os valores para o menor índice anual de erosividade observado (4092 MJ.mm/ha.h.ano) foram de 1,05 anos e de 95,0%.

Determinou-se a distribuição de probabilidade de ocorrência, apresentada na Figura 4, a qual foi ajustada através da equação (16) de acordo com indicação de SCHWAB et al. (1981). Os valores dos índices anuais de erosividade, para qualquer outro período de retorno desejado, ou vice-versa, podem ser facilmente obtidos através da leitura direta na curva de distribuição de probabilidade apresentada na Figura 4, ou calculados através da aplicação da equação (16). Assim, por exemplo, observou-se que o período de retorno do fator erosividade da chuva (R) de Teodoro Sampaio foi 2,33 anos, equivalente a uma probabilidade de ocorrência de 42,9%. Também, os valores dos índices de erosividade anual esperados no período de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos foram respectivamente de 6831, 8666, 9877, 11046, 12546 e 13675 MJ.mm/ha.h.ano.



Quadro 6 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade EI₃₀ de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1982	13651	1	20,00	5,0
1990	8881	2	10,00	10,0
1984	8679	3	6,67	15,0
1987	8526	4	5,00	20,0
1976	8407	5	4,00	25,0
1983	8195	6	3,33	30,0
1980	7532	7	2,86	35,0
1992	7369	8	2,50	40,0
1978	6890	9	2,22	45,0
1986	6736	10	2,00	50,0
1994	6723	11	1,82	55,0
1989	6360	12	1,67	60,0
1979	6265	13	1,54	65,0
1981	6263	14	1,43	70,0
1991	6027	15	1,33	75,0
1977	5979	16	1,25	80,0
1993	4995	17	1,18	85,0
1985	4706	18	1,11	90,0
1988	4092	19	1,05	95,0
Média	7172	-	-	-
CV **	0,289	-	-	-

** Coeficiente de variação

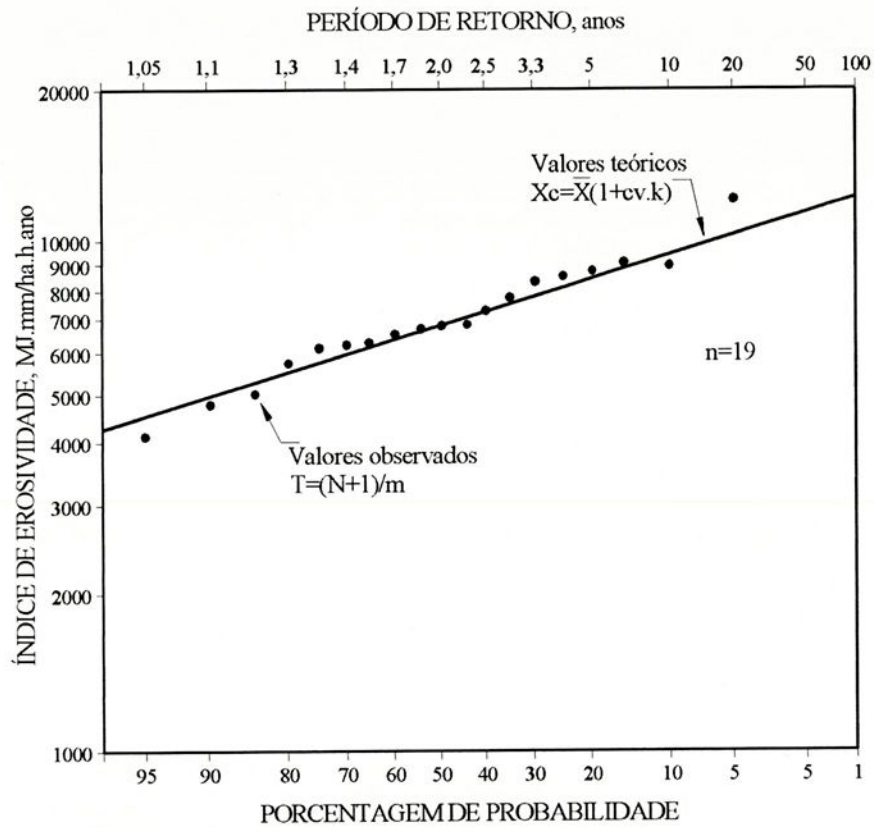


Figura 4 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

4. 3. 2. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais

No Quadro 7 e na Figura 5 estão respectivamente a probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais, e a distribuição de probabilidade dos valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (SP), no período de 1976 a 1994. Dessa forma, em relação ao referido valor médio (1340 MJ.mm/ha.h.ano), foi observado um período de 2,33 anos, sendo equivalente a uma probabilidade de ocorrência de 42,9%. Por outro lado, os valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos foram respectivamente de 1223, 1853, 2274, 2675, 3195 e 3585 MJ.mm/ha.h.ano. Tais valores foram determinados através da equação (16).

4. 3. 3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva do ano

Os Quadros de 8 a 11 apresentam os valores da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade para chuvas individuais respectivamente dos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, analisados para Teodoro Sampaio durante o período de 1976 a 1994. As figuras de 6 a 9 apresentam a curva de distribuição da probabilidade de ocorrência



Quadro 7 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1982	3284	1	20,00	5,0
1984	2680	2	10,00	10,0
1978	1909	3	6,67	15,0
1976	1900	4	5,00	20,0
1994	1538	5	4,00	25,0
1983	1537	6	3,33	30,0
1992	1476	7	2,86	35,0
1985	1435	8	2,50	40,0
1980	1275	9	2,22	45,0
1981	1243	10	2,00	50,0
1990	1021	11	1,82	55,0
1977	994	12	1,67	60,0
1991	967	13	1,54	65,0
1987	887	14	1,43	70,0
1988	716	15	1,33	75,0
1979	685	16	1,25	80,0
1989	678	17	1,18	85,0
1986	642	18	1,11	90,0
1993	585	19	1,05	95,0
Média	1340	-	-	-
CV **	0,534	-	-	-

** Coeficiente de variação

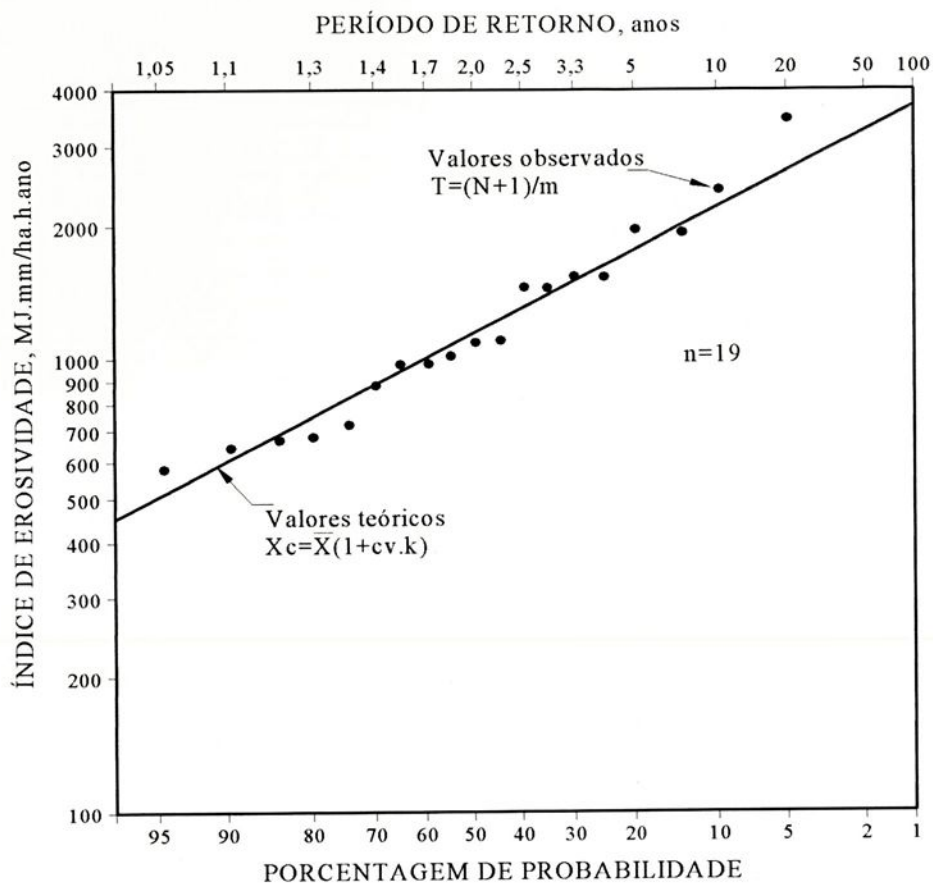


Figura 5 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Quadro 8 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de janeiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1980	1900	1	20,00	5,0
1982	1591	2	10,00	10,0
1984	1011	3	6,67	15,0
1991	980	4	5,00	20,0
1990	968	5	4,00	25,0
1978	745	6	3,33	30,0
1988	716	7	2,86	35,0
1983	686	8	2,50	40,0
1989	678	9	2,22	45,0
1987	563	10	2,00	50,0
1979	522	11	1,82	55,0
1993	427	12	1,67	60,0
1994	411	13	1,54	65,0
1992	375	14	1,43	70,0
1986	361	15	1,33	75,0
1977	265	16	1,25	80,0
1985	106	17	1,18	85,0
1976	89	18	1,11	90,0
1981	59	19	1,05	95,0
Média	655	-	-	-
CV **	0,737	-	-	-

** Coeficiente de variação

Quadro 9 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de fevereiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1980	1275	1	20,00	5,0
1987	887	2	10,00	10,0
1993	585	3	6,67	15,0
1985	341	4	5,00	20,0
1989	324	5	4,00	25,0
1976	299	6	3,33	30,0
1983	268	7	2,86	35,0
1991	263	8	2,50	40,0
1992	229	9	2,22	45,0
1982	178	10	2,00	50,0
1994	162	11	1,82	55,0
1986	133	12	1,67	60,0
1988	117	13	1,54	65,0
1984	117	14	1,43	70,0
1990	116	15	1,33	75,0
1979	92	16	1,25	80,0
1978	80	17	1,18	85,0
1981	49	18	1,11	90,0
1977	1	19	1,05	95,0
Média	290	-	-	-
CV **	1,087	-	-	-

** Coeficiente de variação

Quadro 10 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de março de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1978	1909	1	20,00	5,0
1983	1537	2	10,00	10,0
1992	1477	3	6,67	15,0
1985	1435	4	5,00	20,0
1991	1243	5	4,00	25,0
1982	978	6	3,33	30,0
1981	680	7	2,86	35,0
1986	643	8	2,50	40,0
1989	507	9	2,22	45,0
1993	438	10	2,00	50,0
1976	383	11	1,82	55,0
1990	367	12	1,67	60,0
1988	242	13	1,54	65,0
1987	141	14	1,43	70,0
1980	114	15	1,33	75,0
1994	94	16	1,25	80,0
1984	81	17	1,18	85,0
1977	76	18	1,11	90,0
1979	1	19	1,05	95,0
Média	650	-	-	-
CV **	0,921	-	-	-

** Coeficiente de variação

Quadro 11 - Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos dos índices de erosividade EI_{30} para chuvas individuais do mês de dezembro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

Ano	Índice de erosividade	número de ordem (m)	Período de retorno (T)	Probabilidade (Pr)
	MJ.mm/ha.h.ano		anos	%
1982	3284	1	20,00	5,0
1984	2680	2	10,00	10,0
1994	1538	3	6,67	15,0
1990	1022	4	5,00	20,0
1977	995	5	4,00	25,0
1979	685	6	3,33	30,0
1991	680	7	2,86	35,0
1980	663	8	2,50	40,0
1983	648	9	2,22	45,0
1993	531	10	2,00	50,0
1987	422	11	1,82	55,0
1989	396	12	1,67	60,0
1992	379	13	1,54	65,0
1978	362	14	1,43	70,0
1981	342	15	1,33	75,0
1986	258	16	1,25	80,0
1976	214	17	1,18	85,0
1985	138	18	1,11	90,0
1988	136	19	1,05	95,0
Média	809	-	-	-
CV **	1,045	-	-	-

** Coeficiente de variação

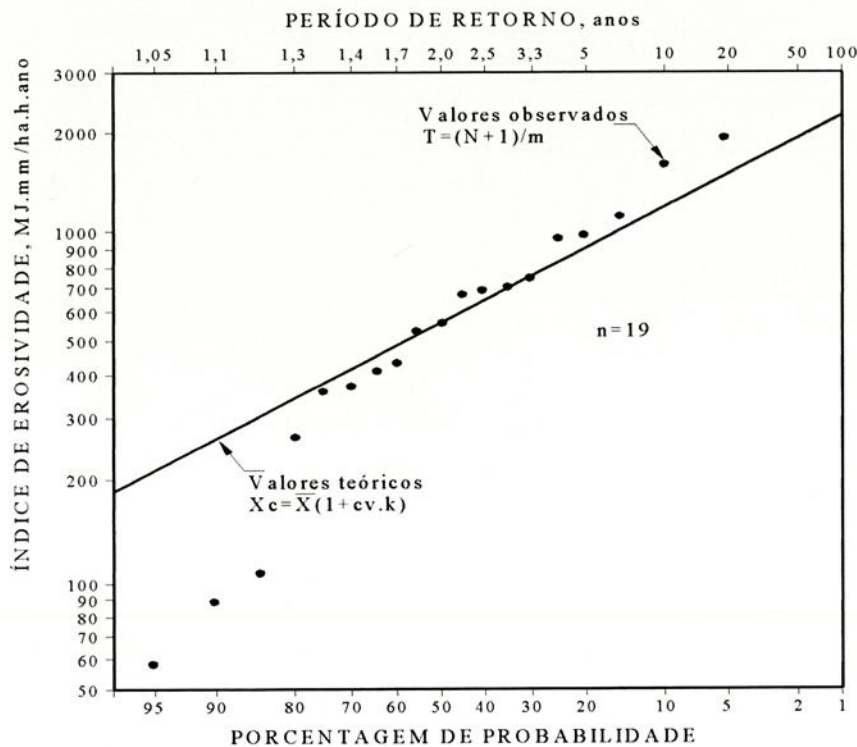


Figura 6 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de janeiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

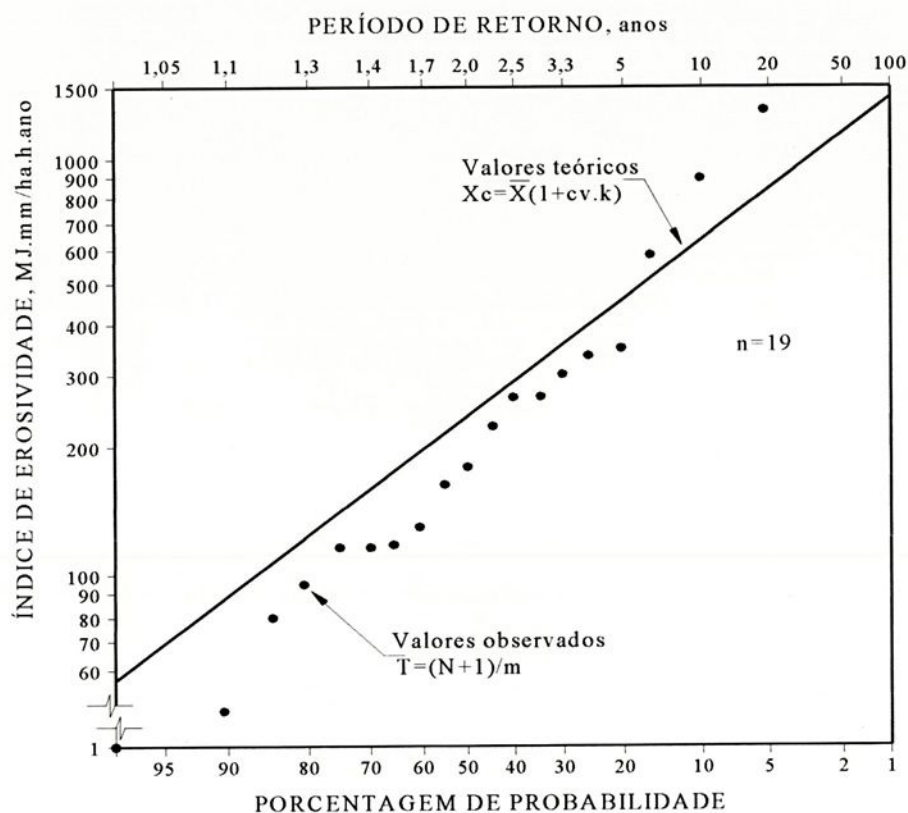


Figura 7 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de fevereiro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

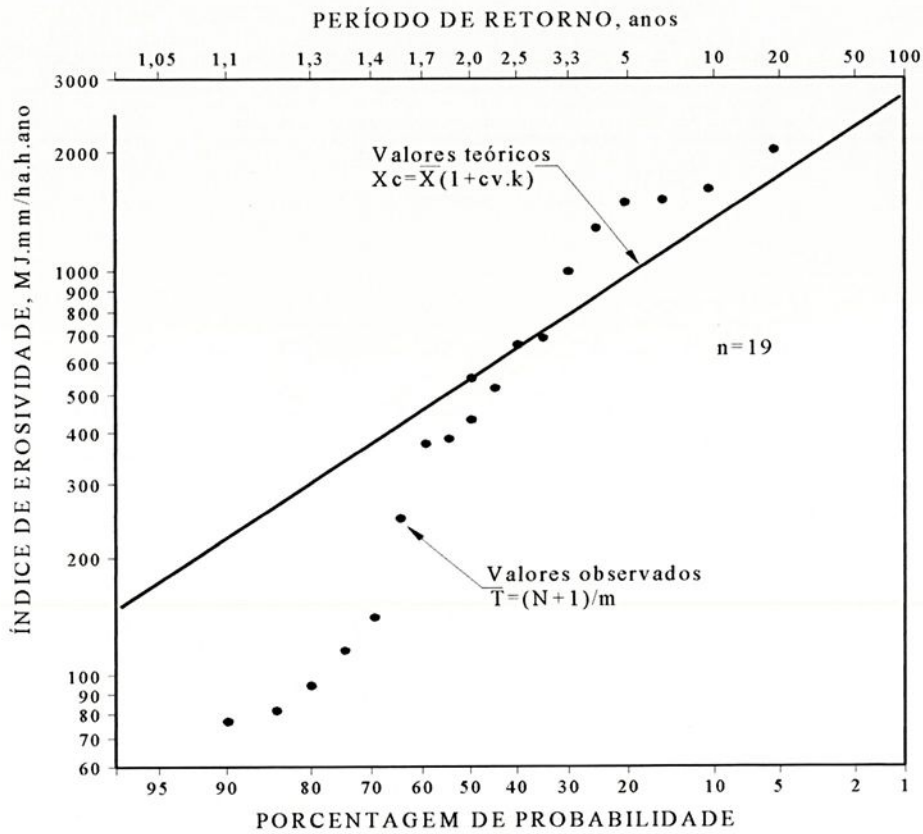


Figura 8 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de março de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

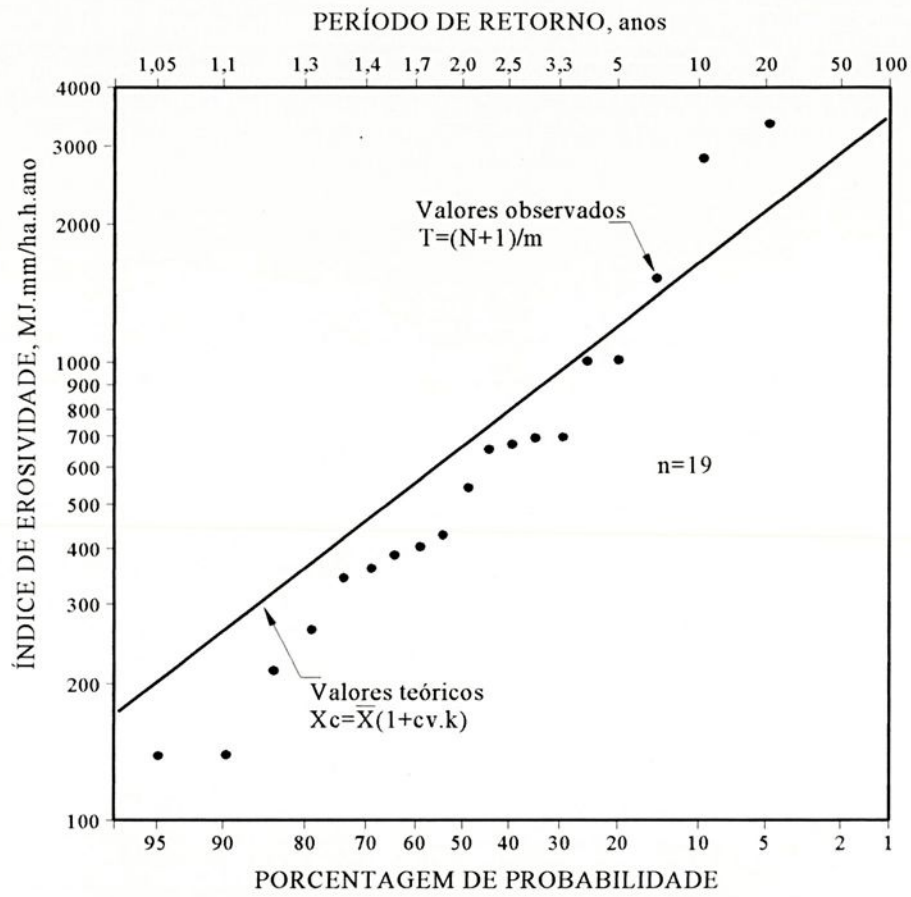


Figura 9 - Distribuição da probabilidade de ocorrência e do período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para chuvas individuais do mês de dezembro de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994.

dos valores máximos dos índices de erosividade para chuvas individuais, respectivamente para os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro. O Quadro 12 apresenta os máximos índices mensais de erosividade esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva de Teodoro Sampaio.

Quadro 12 - Valores dos máximos índices mensais de erosividade esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva de Teodoro Sampaio (SP), avaliado de 1976 a 1994.

Período de retorno (T)	Máximos índices de erosividade** esperados para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Dezembro
anos	MJ.mm/ha.h.ano.....			
2	576	238	572	670
5	1002	517	1081	1417
10	1285	701	1431	1912
20	1556	878	1767	2387
50	1907	1107	2202	3001
100	2170	1279	2528	3461

** Calculados através da equação (16)

4. 4. Coeficiente de chuva: Correlação com o índice de erosividade EI_{30} médio mensal.

A correlação entre os valores do índice de erosividade e a precipitação pluviométrica, representada através do coeficiente de chuva, permite simplificar o método de obtenção da erosividade da chuva, uma vez que dispensa os dados de registros pluviográficos. Para uma localidade que apresente a sua distribuição de chuva semelhante ao local onde se determinou essa correlação, pode-se estimar o seu fator R, desde que se disponha de dados pluviométricos locais.

O Quadro 13 apresenta os valores médios mensais e a média anual de precipitação pluviométrica, coeficientes de chuva e o índice de erosividade calculado para o período de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).

A Figura 10 apresenta a curva de regressão entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuva para Teodoro Sampaio, durante os anos de 1976 a 1994, dada pela seguinte função linear:

$$ei_{30} = 106,8183 + 46,9562 \cdot Rc \dots \dots \dots r = 0,9634 \dots (p < 0,01) \dots \dots \dots (19)$$



Quadro 13 - Valores médios e média anual de precipitação pluviométrica, coeficientes de chuva e índices de erosividade EI_{30} calculados, obtidos durante os anos de 1976 a 1994 de Teodoro Sampaio (SP).

Mês	Precipitação média mensal	Coeficiente de chuva (Rc)	EI_{30} médio mensal calculado
	mm.....		MJ.mm/ha.h.ano
Janeiro	160,9	20,19	1126
Fevereiro	113,2	9,99	574
Março	123,2	11,84	946
Abril	92,5	6,67	506
Maio	98,3	7,54	394
Junho	61,0	2,90	230
Julho	36,5	1,04	116
Agosto	47,6	1,77	218
Setembro	114,0	10,14	401
Outubro	112,0	9,78	514
Novembro	118,9	11,03	568
Dezembro	204,3	32,55	1579
Total ou média anual	1282,3	-	7172

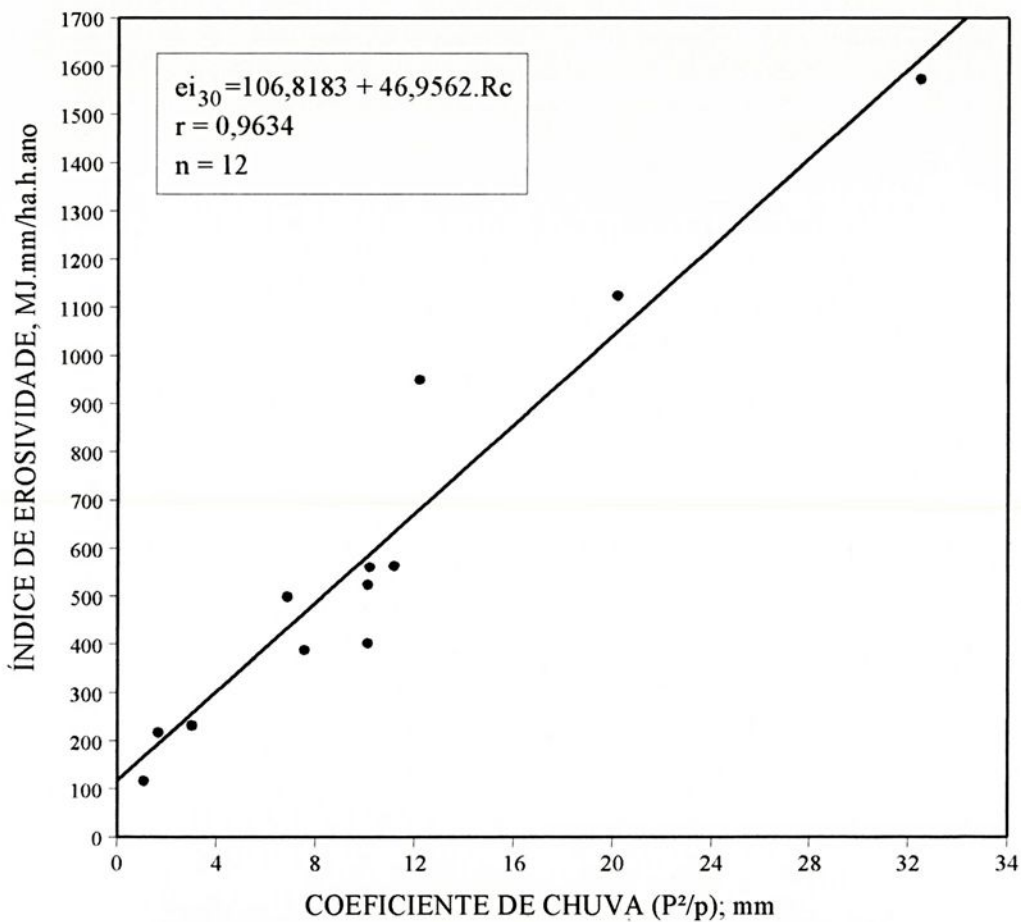


Figura 10 - Curva de regressão entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva de Teodoro Sampaio (SP), durante o período de 1976 a 1994

5. DISCUSSÃO

5. 1. Caracterização da erosividade da chuva

5. 1. 1. Fator erosividade da chuva

O tamanho da amostra de dados pluviográficos de 19 anos, utilizado para calcular o fator R de Teodoro Sampaio, foi dimensionado além do necessário, segundo a análise feita pela equação (18), contida em SCHWAB et al. (1981). Isto porque, os tempos mínimos aceitáveis, com os níveis de significância de 10,0% e de 1,0%, foram respectivamente de 11,3 e 21,2 anos. Desta forma, este fato discordou do relato de NEWMAN (1970), que preconizou a utilização de uma série parcial de dados com pelo menos 22 anos. Discordou também dos relatos de WISCHMEIER (1959) e WICHMEIER & SMITH (1978), que indicaram o tempo mínimo de 20 anos de dados para a série contínua destinada ao cálculo do fator R. No entanto, ficou de acordo com LOMBARDI NETO (1977), CARVALHO (1987), SOSA (1987),



LIMA (1995) e CARVALHO et al. (1996, 1997), os quais relataram tempos menores do que 20 ou 22 anos, para a série pluviográfica contínua destinada ao cálculo do fator R. O fator erosividade da chuva de Teodoro Sampaio, apresentado no Quadro 1 e sendo de 7172 MJ.mm/ha.h.ano, foi superior àqueles de Campinas, Piracicaba e Pindorama, respectivamente obtidos por LOMBARDI NETO (1977), PEREIRA (1983) e SOSA (1983). No entanto, foi inferior aos de Mococa e Bauru (SP), respectivamente obtidos por CARVALHO (1987) e LIMA (1995). Em relação ao mapa de linhas isoerosivas do Estado de São Paulo, elaborado por LOMBARDI NETO et al.(1980), o valor do fator R de Teodoro Sampaio localizou-se geograficamente próximo a linha de 5750 MJ.mm/ha.h.ano. Portanto, o valor estimado pelo referido mapa para o fator R Teodoro Sampaio foi inferior em 19,8%. No entanto, em relação aos valores observados por RUFINO (1986), para o mapa de linhas isoerosivas do Estado do Paraná, o valor estimado do referido fator R localizou-se próximo a linha de 7000 MJ.mm/ha.h.ano. Neste caso, o valor estimado foi inferior em 2,4%. Portanto, concluiu-se que o valor de erosividade estimado pelo mapa de linhas isoerosivas do Estado do Paraná ficou mais próximo do fator R do presente estudo (7172 MJ.mm/ha.h.ano), quando comparado ao valor estimado pelo mapa de linhas isoerosivas do Estado de São Paulo. O coeficiente de variação encontrado para o fator R de Teodoro Sampaio, obtido do Quadro 6 e tendo a magnitude de 28,9%, foi 6,9% e 8,7% respectivamente menor do que os de Campinas (LOMBARDI NETO, 1977) e de Piracicaba (PEREIRA, 1983). No entanto, foi 2,3% e 10,1%, respectivamente maior do que os de Mococa (CARVALHO, 1987) e Bauru (LIMA, 1995). Também, foram notadas as mesmas tendências em relação ao desvio padrão e ao erro padrão da média do fator R obtido, em relação as demais localidades comparadas.



A quantidade de chuva incluída no cálculo do fator R de Teodoro Sampaio (Quadro 2) representou 82,4% da precipitação pluviométrica média anual, sendo esse valor superior aos encontrados para Campinas e Mococa, que foram respectivamente de 74,0% e 79,0%. Portanto, apenas em relação a estas três localidades, concluiu-se que o volume médio de chuva não utilizado no cálculo do fator R, isto é, o volume de chuvas não erosivas, segundo a aplicação dos critérios de *chuva individual erosiva* de WISCHMEIER (1959) e WISCHMEIER & SMITH(1978), foi o menor, o qual representou a quantia de 21,7%.

5. 2. Distribuição da precipitação e da erosividade da chuva

5. 2. 1. Distribuição anual, sazonal, mensal e decendial da precipitação e da erosividade da chuva

A distribuição da precipitação pluviométrica anual de Teodoro Sampaio seguiu um padrão semelhante ao bimodal, conforme descrição apresentada por HUDSON (1973). Este fato se contrastou com as distribuições de Mococa e de Campinas, respectivamente determinados por LOMBARDI NETO (1977) e CARVALHO (1987), que se apresentaram com um padrão com tendência ao tipo unimodal. Desta forma, a quantia de 64,8% do total anual de chuva (Quadro 1, Figura 2) que ocorreu no período entre outubro e março foi consideravelmente menor do que as observadas para Mococa e Campinas, que foram respectivamente de 80,1% e 90,7%. Portanto, pode-se concluir que, para as três localidades mencionadas, podem ser esperados sérios problemas de erosão do solo neste período, onde se concentra a maior quantidade das chuvas de elevada intensidade.



Foi confirmado existir para Teodoro Sampaio a mesma concordância entre as distribuições da erosividade média mensal e da precipitação pluviométrica média mensal (Figura 2), conforme previamente relatado para Campinas, Piracicaba e Mococa respectivamente por LOMBARDI NETO (1977), PEREIRA (1983) e CARVALHO (1987). Assim, no semestre de elevado índice de erosividade (outubro-março), a precipitação acompanhou este fato. Por outro lado, ocorreu o mesmo no semestre de baixa erosividade (abril-setembro). O fator R de Teodoro Sampaio, quando comparado em ordem decrescente de magnitude em relação aos de Mococa, Campinas, Pindorama e Piracicaba, ocupou a posição entre as duas primeiras localidades. Assim, tais valores foram de 7747, 7172, 6667, 6143 e 5729 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Mococa, Teodoro Sampaio, Campinas, Pindorama e Piracicaba. Por outro lado, em relação a precipitação pluviométrica, Teodoro Sampaio ocupou a penúltima posição no seguinte rol decrescente: Mococa, Pindorama, Campinas, Teodoro Sampaio e Piracicaba. As respectivas precipitações médias locais foram de 1584, 1426, 1349, 1282 e 1259 mm.

A distribuição de 74,0% do total do índice de erosividade (Quadro 4), ocorrida durante o semestre de outubro a março, indicou que neste período é esperada a maior parte das perdas anuais de solo por erosão em Teodoro Sampaio. Em termos absolutos esta quantia ocupou a posição intermediária em relação àquelas de Mococa, Campinas, Pindorama e Piracicaba, respectivamente determinadas por CARVALHO (1987), LOMBARDI NETO (1977), SOSA (1987) e PEREIRA (1987). Dessa forma, tais quantias foram de 6616, 6047, 5307, 5117 e 4933 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Mococa, Campinas, Teodoro Sampaio, Pindorama e Piracicaba. Por outro lado, em termos relativos, esta quantia ocupou a última posição no referido rol de localidades. Assim sendo, tais valores foram de



90,7%; 86,1%; 85,4%; 83,3%, e 74,0%, respectivamente para Campinas, Piracicaba, Mococa, Pindorama e Teodoro Sampaio. Portanto, pode-se concluir que, tanto em termos absolutos como relativos, são esperadas as maiores perdas de solo por erosão em Campinas e Mococa, quando comparadas àquelas de Teodoro Sampaio.

Em relação a maior distribuição da erosividade trimestral (Quadro 1), Teodoro Sampaio apresentou a quantia de 45,7% no trimestre dezembro-fevereiro. Assim, tais meses apresentaram as quantias decrescentes de erosividade iguais a 22,0%; 15,7% e 8,0%, respectivamente referente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. Esta maior distribuição trimestral de Teodoro Sampaio, quando comparada a de outras localidades do Estado de São Paulo, apresentou-se como a menor. Desta forma, o rol crescente das maiores distribuições trimestrais foi de 45,7%, 50,6%; 52,5%; 53,9%; 58,0%; 59,0% e 62,5%, respectivamente para as seguintes localidades: Teodoro Sampaio, Botucatu (CARVALHO et al., 1996), Pindorama (SOSA, 1987), Selvíria (CARVALHO et al., 1997), Piracicaba (PEREIRA, 1983), Mococa (CARVALHO et al., 1989) e Campinas (LOMBARDI NETO, 1977). Também, em relação ao mês de maior erosividade, que foi o de dezembro para Teodoro Sampaio (22,0%), esta quantia situou-se intermediariamente às de Pindorama e Mococa, nas quais o mês de dezembro também foi o mais erosivo. Assim, estas quantias foram de 18,0% e 23,0%, respectivamente para Pindorama e Mococa. No entanto, em relação ao mês de maior erosividade que não o de dezembro, o referido mês de maior erosividade de Teodoro Sampaio (dezembro-22,0%) situou-se entre as outras localidades, nas quais o mês mais erosivo foi o de janeiro, da seguinte forma: Botucatu com 19,0%, Selvíria com 20,1%, Piracicaba com 21,4% e Campinas com 24,7%. Por outro lado, em relação ao mês de menor distribuição da erosividade, Teodoro Sampaio apresentou o mês de julho com 1,7%



do total anual, sendo tal quantia a maior entre outras localidades paulistas, que foram de 0,2%; 0,4%; 0,5%; 0,6%; 1,1%, e 1,2%, respectivamente para Mococa, Selvíria, Piracicaba, Campinas, Pindorama e Botucatu. Também, em relação aos extremos de distribuição quantitativa decendial, os valores de Teodoro Sampaio foram muito próximos aos de Mococa, que foram de 9,8% e 0,3%, assim como de 10,3% e zero por cento, respectivamente para Teodoro Sampaio e Mococa.

Em relação ao quadrimestre maio-agosto, período onde, de forma geral para todo Estado, a erosividade da chuva é baixa, Teodoro Sampaio apresentou a quantia absoluta de 948 MJ.mm/ha.h.ano, equivalente a 13,4% do fator R local (Quadro 1). Tal quantia foi, entre outras localidades paulistas, a maior tanto em termos absolutos como relativos. Desta forma, a erosividade da chuva deste período em ordem decrescente, comportou-se da seguinte forma: 958, 800, 490, 431, 372, 321 e 294 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Teodoro Sampaio, Botucatu (CARVALHO et al., 1996), Pindorama (SOSA, 1987), Mococa (CARVALHO et al., 1989), Selvíria (CARVALHO et al., 1997), Piracicaba (PEREIRA, 1983) e Campinas (LOMBARDI NETO, 1977). Também em relação as seis últimas localidades, as quais apresentaram no mencionado quadrimestre as erosividades variando ente 294 e 800 MJ.mm/ha.h.ano, Teodoro Sampaio apresentou uma erosividade superior, da ordem de 322% e 119%, respectivamente em relação a Campinas e Botucatu. Portanto, considerando-se que os solos do oeste do Estado de São Paulo são de elevada erodibilidade, e que, sobretudo em relação a localidade estudada, exista uma elevada erosividade no período de maio a agosto, pode-se concluir que neste local apareçam os maiores problemas de erosão, no período considerado, quando comparados às demais localidades.

5. 2. 2. Curva de distribuição do índice de erosividade

A curva de distribuição da erosividade da chuva apresentada na Figura 3, assim como os dados que a originaram (Quadro 4), fornecem informações de extrema validade para a determinação do fator uso e manejo da cultura (fator C), da equação universal de perda de solo para Teodoro Sampaio (WISCHMEIER & SMITH, 1965, 1978; LOMBARDI NETO, 1977; CARVALHO, 1987). Isto porque, para a determinação do referido fator, deve-se obter um termo que seja originado dos somatórios dos produtos entre os seguintes fatores, período por período de desenvolvimento da cultura: 1) razão de perda do solo considerada no período de desenvolvimento da cultura, e 2) índice de erosividade da chuva desse período (WISCHMEIER & SMITH, 1965, 1978). A distribuição da erosividade da chuva de Teodoro Sampaio, quando comparada com as distribuições de Botucatu (CARVALHO et al., 1996), Pindorama (SOSA, 1987), Selvíria (CARVALHO et al., 1997), Mococa (CARVALHO, 1987), Piracicaba (PEREIRA, 1983) e Campinas (LOMBARDI NETO, 1977) manifestou-se de forma mais regular, resultando no fato de que a curva de distribuição do índice de erosividade do local estudado (Figura 3) comportou-se de forma menos íngreme, ao longo do ano, do que todas as referidas localidades. Esta observação também pôde ser constatada através da distribuição relativa da erosividade da chuva (Quadro 4) durante o período entre outubro a março. Como já discutido previamente, neste período, ocorreu em Teodoro Sampaio a quantia de 74,0% do fator R, enquanto que para Botucatu, Pindorama, Selvíria, Mococa, Piracicaba e Campinas foram observadas as respectivas quantias de 80,4%; 83,3%; 84,2%; 85,4%; 86,1% e 90,7%. Portanto, num período em que em termos de proteção, o solo encontra-se externamente vulnerável à erosão, pode-se concluir

que em Teodoro Sampaio espera-se ocorrer a menor perda de solo entre todas as outras localidades analisadas.

5. 2. 3. Frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano

A análise do Quadro 5 reforça a conclusão de que no período de outubro-março a erosividade da chuva é extremamente crítica para Teodoro Sampaio. Isto porque, além da referida época ser aquela em que a probabilidade de ocorrência de erosão atinge seus mais altos níveis, também é aquela de maior frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano. Pode-se observar que ocorreram todas elas neste período. Desta forma, estes dados tiveram o mesmo comportamento que os de Pindorama, onde também houve o total destas chuvas neste período, conforme estudado por SOSA (1987). Por outro lado, concordou parcialmente com os dados de Mococa e Campinas, onde houve as quantias respectivas de 89,5% e 95,5% destas chuvas neste período, conforme observado respectivamente por CARVALHO (1987) e LOMBARDI NETO (1977).

Os meses de dezembro e março apresentaram-se como os de maior frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano para Teodoro Sampaio. Foram observadas 6 vezes tais chuvas nestes meses. Assim, esta observação ficou plenamente de acordo com os dados observados por SOSA (1987) para Pindorama. Por outro lado, foi semelhante àqueles de Mococa (CARVALHO, 1987) e Campinas (LOMBARDI NETO, 1977), nas quais os meses de maior frequência de tais chuvas foram respectivamente os de dezembro (6 vezes) e janeiro (7 vezes).



5.3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices de erosividade.

5. 3. 1. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores dos índices anuais de erosividade.

A curva de distribuição de probabilidade dos valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio (Figura 4), seguiu o padrão log-normal, típico de eventos hidrológicos, de acordo com o relato de WISCHMEIER (1959), corroborado por LOMBARDI NETO (1977), CARVALHO (1987), SOSA (1987), LIMA (1995) e CARVALHO et al. (1996, 1997). Os valores dos índices anuais de erosividade de Teodoro Sampaio, esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, variaram entre os de outras localidades do Estado de São Paulo. Desta forma, em relação a tais localidades, foi observado o seguinte: a) para o período de retorno de 2 anos estes valores foram de 5668, 6368, 6563, 6831, 7247 e 7355 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Pindorama (SOSA, 1987), Campinas (LOMBARDI NETO, 1977), Selvíria (CARVALHO et al., 1997), Teodoro Sampaio, Botucatu (CARVALHO et al., 1996) e Mococa (CARVALHO, 1987); b) para o período de retorno de 5 anos estes valores foram de 7451, 8238, 8438, 8511, 8666 e 9145 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Selvíria, Pindorama, Campinas, Botucatu, Teodoro Sampaio e Mococa; c) para o período de retorno de 10 anos estes valores foram de 8039, 9226, 9930, 9877, 9941 e 10331 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Selvíria, Botucatu, Campinas, Teodoro Sampaio, Pindorama e Mococa; d) para o período de retorno de 20 anos estes valores foram de 8603, 9982, 11046, 11290, 11468 e 11573 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Selvíria, Botucatu, Teodoro Sampaio, Campinas, Mococa e Pindorama; e) para o período de retorno de 50 anos

estes valores foram de 9334, 10961, 12546, 12940, 13052 e 13687 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Selvíria, Botucatu, Teodoro Sampaio, Mococa, Campinas e Pindorama, e f) para o período de retorno de 100 anos estes valores foram de 9881, 11695, 13675, 14043, 14372 e 15270 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Selvíria, Botucatu, Teodoro Sampaio, Mococa, Campinas e Pindorama.

De acordo com o Quadro 6, o maior valor do índice anual de erosividade observado para Teodoro Sampaio (13651 MJ.mm/ha.h.ano) possuiu um período de retorno de 20,0 anos, equivalente a uma probabilidade de retorno de 5,0%. Portanto, é esperado ocorrer neste local, com uma probabilidade de 5,0% , um valor do índice anual de erosividade igual ou superior a 13651 MJ.mm/ha.h.ano pelo menos uma vez a cada 20,0 anos. Da mesma forma, para o menor índice anual de erosividade, o qual apresentou um período de retorno de 1,05 ano, equivalente a uma probabilidade de 95,0%, espera-se que ocorra, com uma probabilidade de 95,0% , um valor do índice anual de erosividade igual ou superior a 4092 MJ.mm/ha.h.ano pelo menos uma vez a cada 1,05 ano.

O fator R de Teodoro Sampaio (Quadros 1 e 6) apresentou um período de retorno de 2,33 anos. Este valor foi muito próximo daqueles obtidos para os fatores R de Campinas (2,1 anos), Piracicaba (2,1 anos), Pindorama (2,1 anos), Mococa (2,4 anos), Bauru (2,3 anos), Botucatu (2,3 anos) e Selvíria (2,3 anos), respectivamente determinados por LOMBARDI NETO (1977), PEREIRA (1983), SOSA (1987), CARVALHO (1987), LIMA (1995), CARVALHO et al. (1996, 1997). Portanto, pode-se concluir que é esperado que ocorra para o local estudado, com uma probabilidade de 42,9%, um valor anual do índice de erosividade igual ou superior ao fator R calculado (7172 MJ.mm/ha.h.ano), pelo menos uma vez a cada 2,33 anos.



5. 3. 2. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais

A curva de distribuição de probabilidade dos valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais de Teodoro Sampaio (Figura 5), também seguiu o padrão log-normal, típico de eventos hidrológicos, de acordo com o relato de WISCHMEIER (1959), confirmado por LOMBARDI NETO (1977), CARVALHO (1987), SOSA (1987), LIMA (1995) e CARVALHO et al. (1996, 1997). Os valores máximos anuais dos índices de erosividade para chuvas individuais de Teodoro Sampaio, esperados nos períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, foram os maiores entre aqueles de outras localidades do Estado de São Paulo. Desta forma, em relação a tais localidades, foi observado o seguinte: a) para o período de retorno de 2 anos estes valores foram de 862, 912, 1033 e 1223 MJ.mm/ha.h., respectivamente para Mococa (CARVALHO, 1987); Pindorama (SOSA, 1987), Campinas (LOMBARDI NETO, 1977) e Teodoro Sampaio; b) para o período de retorno de 5 anos estes valores foram de 1210, 1462, 1476 e 1853 MJ.mm/ha.h., respectivamente para Mococa, Pindorama, Campinas e Teodoro Sampaio; c) para o período de retorno de 10 anos estes valores foram de 1441, 1769, 1826 e 2274 MJ.mm/ha.h., respectivamente para Mococa, Campinas, Pindorama e Teodoro Sampaio; d) para o período de retorno de 20 anos estes valores foram de 1663, 2051, 2175 e 2675 MJ.mm/ha.h., respectivamente para Mococa, Campinas, Pindorama e Teodoro Sampaio; e) para o período de retorno de 50 anos estes valores foram de 1949, 2415, 2627 e 3195 MJ.mm/ha.h., respectivamente para Mococa, Campinas, Pindorama e Teodoro Sampaio, e f) para o período de retorno de 100 anos estes valores foram de 2164, 2688, 2966, e 3585 MJ.mm/ha.h., respectivamente para

Mococa, Campinas, Pindorama e Teodoro Sampaio. Portanto, pode-se concluir que, entre todas as localidades comparadas, são esperados os maiores problemas de perda de solo por erosão em Teodoro Sampaio, em todos os períodos de retorno considerados, uma vez que os seus índices de erosividade estimados foram os maiores.

De acordo com o Quadro 7, o maior dos valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais observado para Teodoro Sampaio (3284 MJ.mm/ha.h.ano) possuiu um período de retorno de 20,0 anos, equivalente a uma probabilidade de 5,0%. Portanto, é esperado ocorrer neste local, com uma probabilidade de 5,0% , um valor do índice anual de erosividade dos valores máximos anuais para chuvas individuais, igual ou superior a 3284 MJ.mm/ha.h.ano pelo menos uma vez a cada 20,0 anos. Da mesma forma, para o menor dos valores máximos anuais do índice de erosividade para chuvas individuais, o qual apresentou um período de retorno de 1,05 ano, equivalente a uma probabilidade de retorno de 95,0%, espera-se que ocorra, com uma probabilidade de 95,0%, um valor do índice anual de erosividade dos valores máximos anuais para chuvas individuais igual ou superior a 585 MJ.mm/ha.h.ano pelo menos uma vez a cada 1,05 ano.

5. 3. 3. Probabilidade de ocorrência e período de retorno dos valores máximos do índice de erosividade para os meses de maior frequência da chuva individual mais erosiva do ano

A análise do Quadro 12 revelou que o mês de dezembro apresentou os maiores valores dos máximos índices mensais de erosividade para chuvas individuais, em todos os períodos de retorno analisados. Em contrapartida, o mês de fevereiro



apresentou os menores. Portanto, pode-se concluir que o mês de dezembro, período no qual são esperados os máximos índices de erosividade para chuvas individuais nos meses de maior frequência, são esperados ocorrer em Teodoro Sampaio chuvas individuais de 670, 1417, 1912, 2387, 3001 e 3461 MJ.mm/ha.h, respectivamente pelo menos uma vez a cada 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

5. 4. Coeficiente de chuva: correlação com o índice de erosividade EI_{30} médio mensal

Para Teodoro Sampaio foi observado existir uma elevada correlação entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva. O modelo estatístico que apresentou melhor correlação foi o linear ($r = 0,9634$), de acordo com a equação (19), corroborando com os dados de Lages (SC) e Campos Novos (SC), respectivamente observados por BERTOL (1993/1994). por outro lado, contrastou com os dados de Campinas, Piracicaba, Pindorama, Mococa, Barranquinho e Flechas, respectivamente observados por LOMBARDI NETO (1977), PEREIRA (1983), SOSA (1987), CARVALHO et al. (1991b) e MORAIS et al. (1991), cujo modelo com maior correlação foi o do tipo exponencial. Portanto, pode-se concluir que para um local desprovido de dados pluviográficos e que no entanto apresente distribuição pluviométrica média mensal semelhante a de Teodoro Sampaio, pode-se estimar o seu fator R, com elevada segurança, através da referida equação (19) do presente estudo.

Aplicando-se as equações (6), (7), (8), (9), (10) e (11), respectivamente obtidas para as localidades de Campinas, Piracicaba, Pindorama, Mococa, Barranquinho e Flechas aos dados de coeficiente de chuva de Teodoro Sampaio (Quadro 13), observaram-se estimativas para o fator R local de 5286, 6381,



5566, 6322, 9128 e 5753 MJ.mm/ha.h.ano. Uma vez que o fator R de Teodoro Sampaio e o seu erro padrão da média foram respectivamente de 7172 e 476 MJ.mm/ha.h.ano, pode-se concluir que nenhuma das referidas equações pode ser utilizada para estimativa do fator R local. Isto porque, as diferenças entre os valores estimados e o calculado evidenciaram ser maiores do que o erro padrão da média de Teodoro Sampaio.

Por outro lado, aplicando-se a equação (19) obtida pelo presente estudo, aos dados de coeficiente de chuva de Mococa e de Pindorama, foram estimados, respectivamente para cada localidade, os fatores R de, respectivamente 8382 e 7669 MJ.mm/ha.h.ano. Uma vez que o fator R calculado e seu erro padrão da média foram de 7747 e 474 MJ.mm/ha.h.ano e 6143 e 727 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente para Mococa e Pindorama, pode-se concluir que a equação do coeficiente de chuva de Teodoro Sampaio não pode ser utilizada para a estimativa dos fatores R das referidas localidades.



6. CONCLUSÕES

Dentro das condições propostas no presente trabalho e em função dos resultados analisados e interpretados, estabelecem-se as seguintes conclusões:

1. O fator erosividade da chuva para o município de Teodoro Sampaio (SP), calculado através do índice EI_{30} , foi de 7172 MJ.mm/ha.h.ano. Este fator, que possui uma probabilidade de ocorrência de 42,9%, pode ser igualado ou superado pelo menos uma vez a cada 2,33 anos. Portanto, nos cálculos pertinentes a engenharia da conservação do solo e da água, visando-se solucionar problemas específicos de ordem econômica e ecológica, podem ser utilizados fatores de erosividade da chuva mais consistentes, com períodos de retorno de 5, 10, 20, 50 e 100 anos, respectivamente iguais a 8666, 9877, 11046, 12546 e 13675 MJ.mm/ha.h.ano;



2. O risco de ocorrência de erosão atinge o mais alto nível, no município de Teodoro Sampaio, no semestre de outubro a março. Impõe-se, portanto, a necessidade de cuidados extremos, na referida época, com o intuito de se estabelecer as mais eficientes práticas conservacionistas para que sejam evitadas elevadas perdas de solo local, e

3. Pode-se estimar com certa margem de segurança o fator R para locais desprovidos de registros pluviográficos, mas que, entretanto, apresentem um regime de distribuição temporal de chuva semelhante ao de Teodoro Sampaio, através de equação específica para tal finalidade.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, A. W., CHAVES, I.B., VASQUES FILHO, J. Características físicas das chuvas correlacionadas com perdas de solo num regossolo eutrófico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v.18, p. 279-283, 1994.
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lajes (SC). 1ª aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.28, n.4, p.515-521, 1993.
- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC), no período de 1981 a 1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.29, p.1453 - 1458, 1994.
- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990, 355p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Boletim técnico (12), 1960.
- CABEDA, M.S.V. **Computation of storm EI values**. West Lafayette. Purdue University. 1976. 6p. (unpublished).



- CAMPOS FILHO, O. R., SILVA, I. R., SILVA, I.F., ANDRADE, A.P., LEPRUN J.C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Campinas, v.27, n.9, p.1363-1370, 1992.
- CANTALICE, J.R.B. , MARGOLIS, E. Características das chuvas e correlação de índices de erosividade com as perdas de solo do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.2, p.275-281, 1993.
- CARVALHO, M.P. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa - SP. Piracicaba: USP, 1987. 104p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ-USP, 1987.
- CARVALHO, M.P., LOMBARDI NETO, F., VASQUEZ 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, 1989b.
- CARVALHO, M.P. , LOMBARDI NETO, F., CATANEO, A. Índice KE>25 para análise da erosividade da chuva de Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.375-381, 1991a.
- CARVALHO, M.P., LOMBARDI NETO, F., VASQUEZ FILHO, J., CATANEO, A. Correlação entre o índice de erosividade EI₃₀ médio mensal e o coeficiente de chuva do município de Mococa-SP. **Científica**. São Paulo. v.19, n.1, p.1-7, 1991b.
- CARVALHO, M.P. Fator erosividade da chuva-enxurrada para chuvas individuais do Estado de São Paulo. Botucatu: UNESP, 1992. 96p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) FCA, UNESP, 1992.
- CARVALHO, M.P., PISSARRA, T.C.T., PAULINO, H.B. Erosividade da chuva de Botucatu (SP): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lidoia. **Anais...** Piracicaba: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1996. (CD-ROM).



- CARVALHO, M.P., PISSARRA, T.C.T., PAULINO, H.B. ET AL. 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: SBCS, 1997. (CD-ROM).
- CASTRO FILHO C., CATANEO A., BISCAIA R. C. M. Utilização da metodologia de Wilkinson, para cálculo do potencial erosivo das chuvas em 5 localidades do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.6, n.13, p.240-241, 1982.
- CATANEO, A., CASTRO FILHO, C., ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p.236-239, 1982.
- CHAVES, I. de B.; DINIZ, E.J. Erosividade da chuva no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO. 3., 1980, Recife (PE). **Anais...** Recife. UFRPE, 1981. p.136-147.
- DEDECEK. R.A.. Fatores de erosividade da chuva, enxurrada e perdas de solo sob condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.23, n.12, p.1431-1438, 1988.
- FAO, Roma. La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo. Itália: ONU, 1967. 207p. (Cuadernos de Fomento Agropecuario, 81).
- FOSTER, G.R., McCOOL, D.K., RENARD, K.G., MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **J. Soil Water Conserv.** Ankey, v.36, n.6, p.355-359, 1981.
- GUNN, R. , KINZER, G.D. The terminal velocity of fall for water droplets. **J. Met.** Lancaster, v.6, n.1, p.243-248, 1949.



- HUDSON, R. Soil conservation. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1973.. 320p.
- LAL, R. **Soil erosion on alfisols in Western Nigeria. III Effects of rainfall characteristics**. Geoderma, Amsterdam, v.16, n.1, p.339-401, 1976.
- LAWS, J.O. Measurement of fall velocity of water drops and rain drops. **Trans. Am. Geophys. Union**, Washington, v.22, n.1, p.709-721, 1941.
- LAWS, J.O. , PARSON, D.A. The relation of raindrop size to intensity. **Trans. Am. Geophys. Union**, Washington, v.24, n.1, p.452-459, 1943.
- LIMA, M. A. Avaliação do período de retorno e da probabilidade de ocorrência da erosividade da chuva de Bauru (SP). Unesp, Ilha Solteira, 1995 (Trabalho de Graduação).
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss as Campinas, Brasil. West Lafayette, 1977. 53p. (Master of Science - Purdue University).
- LOMBARDI NETO, F., SILVA, I.R. & CASTRO, O.M. Potencial de erosão de chuvas no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3. 1980, Recife. **Anais...** Recife (PE): SBCS, 1991. p.159.
- LOPES, P.R.C. , BRITO, L.T.L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.129-133, 1993.
- MARGOLIS E., SILVA A.B., JACQUES F.O. Detreminação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.9, p.165-169, 1985.
- MEDINA B. F., OLIVEIRA JR. R.C. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em



- Latossolo Amarelo de Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.67-70, 1987.
- MORAIS, L.F.B., MUTTI, L.S.M., ELTZ, F.L.F.. Relações entre características da chuva e perdas do solo no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, n.3, p.285-288, 1988.
- MORAIS, L.F.B., SILVA, V., NASCHENVENG, T. M., HARDON, P.C., ALMEIDA, J.E.L., WEBER, O.L., BOEL, E., DURIGON, V. Índice EI₃₀ e sua correlação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mto Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.3, p.339-344, 1991.
- NEWMAN, J.E. Climate in the 1970's. **Crops and Soil Magazine**, Madison, v.22, n.4, p.9-12, 1970.
- PEREIRA, H.H.G. Índices de erosividade da chuva: distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba - SP. Piracicaba: USP, 1983. 70p. (Dissertação em Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ-USP, 1983.
- 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, 1986.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT. Guide for personal computers, Version 6. Edition, Cary, 1988a. 378p.
- SAS INSTITUTE. SAS Language Guide, Release 6.03 Edition, Cary, 1988b. 530p.
- SÃO PAULO. (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos. *Totais mensais de chuva do Estado de São Paulo: 1976-1991*. São Paulo, 1993.
- SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMISTER, T.W.; BARNES, K.K. Soil and

Water Conservation Engineering. 3 ed., New York, N.Y., John Wiley & Sons, 1981. 683p. (The Fergunson Foundation Agricultural Engineering Series).

SOSA, D.A. Erosividade a chuva: distribuição e correlação com a perda de solo de Pindorama, São Paulo, Brasil. Piracicaba: USP, 1987, 105p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) ESALQ-USP, 1987.

VIEIRA S.R., LOMBARDI NETO A., BURROWS I.T. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.93-98, 1991.

WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. **Proc. Soil Sci. Am.**, Madison, v.20, n.3, p.246-249, 1959.

WISCHMEIER, W.H. Upslope erosion analyses. In: SHEN, H.W. **Environmental Impact on Rivers**. Fort Collins: USDA, 1972. cap. 15, p.01-26.

WISCHMEIER, W.H , SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Trans. Am. Geophys. Union**, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H , SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains - guide for selection of practices for soil and water Conservation. Washington, USDA, 1965. 47p. (Agriculture handbook, 282).

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



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31
15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP

