

## PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÕES DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE DE DOIS MUNICÍPIOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

**Reginaldo Barboza da Silva<sup>1</sup>; Piero Iori<sup>2</sup>; Francisca Alcivania de Melo Silva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista, Unidade de Registro, Registro, [rbsilva@registro.unesp.br](mailto:rbsilva@registro.unesp.br)

<sup>2</sup> Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

### 1 RESUMO

O uso e extrapolação de equações para localidades cujas características de solo e clima, ainda que parciais, distingam da localidade para a qual tenham sido geradas, ainda permeiam em estudos para estimativa da erosividade ( $EI_{30}$ ). Este trabalho teve como objetivo propor e validar equações matemáticas para estimativa da erosividade de dois municípios (Sete Barras e Juquiá) do Estado de São Paulo. O ajuste das equações para estimar os valores de erosividade ( $EI_{30}$ ) em função de valores de coeficiente de chuva ( $R_c$ ) foi a partir de dados pluviográficos e pluviométricos, respectivamente, utilizando-se de distintas séries históricas. Testes de comparação múltipla e intervalos de confiança foram empregados para comparar médias absolutas de  $EI_{30}$ , precipitações ( $P_p$ ) e  $R_c$ . A correlação entre o  $EI_{30}$  e  $R_c$  foi verificada pelo coeficiente de correlação de Pearson. O teste da hipótese de igualdade entre as variâncias populacionais foi utilizado para comparar as equações. Dados pluviométricos de uma série histórica diferente das que geraram a equações foram utilizados para validar e avaliar o desempenho das equações obtidas neste estudo e compará-las com outra equação já consolidada pela literatura. Os resultados mostraram que para as condições em que foi realizado o estudo, as equações lineares simples, mostraram ser as mais apropriadas para estimar a erosividade nestes dois municípios. De acordo com o teste da hipótese de igualdade entre as variâncias populacionais. As equações ajustadas para cada município diferiram estatisticamente, de maneira que, a erosividade de cada município deve ser predita por seus modelos respectivos.

**UNITERMOS:** EUPS, erosão, modelagem, Vale do Ribeira.

**SILVA, R.B.; IORI, P.; SILVA, F. A. de M. PROPOSITION AND COMPARE OF EQUATIONS TO ESTIMATE THE RAINFALL EROSIVITY IN TWO CITIES OF SÃO PAULO STATE**

### 2 ABSTRACT

The equations and extrapolation use to localities whose characteristics of soil and climate, even if partial, distinguish the town to which they were generated, still permeate in studies to estimate the rainfall erosivity ( $EI_{30}$ ). This work has objective to propose and validate mathematical equations to estimate the rainfall erosivity of two cities of Sao Paulo State's. The adjusted to estimate obtaining and validate data of equations of erosivity ( $EI_{30}$ ) according to values of coefficient of rain ( $R_c$ ) were obtained from pluviographic and pluviometric rainfall data, respectively, using of distinct historical rainfall series. Mutiple comparisions test and confidence intervals were performed to compare absolute average of

EI<sub>30</sub>, pluviometric data (Pp), and Rc. The correlation between EI<sub>30</sub> and Rc was verified by of Pearson correlation coefficient. Test of the hypothesis of equality between population variance was used to compare the equations. Pluviometrics data of historical series rainfall data different than those that the models were generated were used to validate and to assess the performance of the equations, proposed of this study and compare them with another equation already consolidated in literature. The results show that for the conditions under which the study was conducted, the simple linear equations, shown to be the most appropriate to estimate the rainfall erosivity these two cities. According to the test of the hypothesis of equality variances between populations, the equations adjusted for each city differ statistically so that the rainfall erosivity of each city must be estimated by their respective equation.

**KEYWORDS:** erosion, modeling, USLE, Vale do Ribeira.

### 3 INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados na produção de alimentos e, por isso, pode ter sua capacidade produtiva comprometida pela erosão, através do uso e manejo inadequados. Portanto, a quantificação da perda de solo e o conhecimento das relações, entre os fatores que causam essas perdas e os que permitem reduzi-las são de fundamental importância para o planejamento conservacionista (Roque et al., 2001). Assim, a equação universal de perda de solo (USLE), proposta por Wischmeier & Smith (1978), desde a sua concepção, tem se constituído no modelo de maior aceitação para prever a perda média anual de solo. O fator R é um índice que expressa a erosividade da chuva, ou seja, a sua capacidade erosiva (Wischmeier & Smith, 1958). A erosividade é definida como o potencial da chuva em causar erosão no solo e é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre as quais estão a quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética. (Amorim et al., 2001).

Para a determinação do fator R, é fundamental a existência de uma série histórica de dados pluviográficos. Como esses dados são escassos em algumas localidades e regiões, a estimativa do índice de erosividade (EI<sub>30</sub>) tem sido realizada com base em dados pluviométricos, os quais são prontamente disponíveis pelos postos e serviços meteorológicos. Entretanto, se faz necessário, por meio de curvas de regressão relacionar índices de erosividade (EI<sub>30</sub>) aos coeficientes de chuva (Pereira, 1983; Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992). Isto tem promovido a utilização dos mais variados modelos e equações para estimativas de EI<sub>30</sub> para as mais variadas e distintas localidades.

Morais et al. (1991) seguindo a sugestão de Lombardi Neto (1977) e utilizando-se de um modelo exponencial, ajustaram dados de precipitação do sudoeste de Mato Grosso do Sul encontrou um coeficiente de determinação de 0,92 entre o índice EI<sub>30</sub> e o coeficiente de chuva. Roque et al. (2001), em Piraju (SP) encontraram 0,96; Carvalho et al. (1997) encontrou 0,91; em Patos (PB), Chaves et al. (1997) verificou um coeficiente de 0,78, todos também entre o índice EI<sub>30</sub> e o coeficiente de chuva. Por outro lado, regressões lineares simples, também têm explicado muito bem a relação entre essas duas variáveis. Rufino et al. (1993) estimando a erosividade para oito regiões do estado do Paraná obteve coeficientes de determinação que variaram de 0,84 a 0,93. Silva et al. (1996), para a cidade de Goiânia (GO) encontrou valores de coeficientes de determinação da ordem de 0,94. Pissarra et al. (2000), verificaram coeficientes de 0,99, em Pereira Barreto (SP) e enquanto Marques et al. (1988),

para Sete Lagoas (MG) encontrou 0,96, quando ajustaram dados de  $EI_{30}$  em função de dados de precipitação, utilizando-se de um modelo quadrático.

Preocupado com a disparidade de valores de erosividade entre nas diversas regiões do Brasil, Silva (2004) propôs a divisão do país em oito regiões homogêneas de acordo com os índices pluviométricos. Assim, para cada uma dessas regiões, foram designadas equações que permitissem estimar a erosividade da chuva para cada mês a partir dos coeficientes de chuva. Nesta proposta, o Estado de São Paulo compreende a região 7, tendo como equação proposta a de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

Contudo, apesar desta proposta minimizar o problema, acredita-se que cuidados devem ser tomados, quando da extrapolação de modelos para localidades cujo clima, ainda que parcial, distinga da localidade para o qual tenha sido gerado. Neste sentido, se torna indispensável a utilização de ferramentas, como a informática e estatística. A primeira tem possibilitado a aquisição e processamento de dados de precipitação em tempo real, enquanto que a segunda, também, já possibilita há algum tempo, a comparação de modelos e equações. Além do teste da razão de máxima verossimilhança (Fisher, 1921) apresentado como um eficiente procedimento para testar a hipótese de igualdade de coeficientes de correlação residual (Carvalho & Mead, 1992), Snedecor & Cochran (1989) apresentam procedimentos a partir da hipótese de igualdade entre as variâncias populacionais, seguindo a distribuição de F, um teste para comparação entre linha de regressão. Trabalhos de Silva et. al (2003) e Dias Junior (1994), atestam o poder deste em ajustes de modelos lineares e exponenciais para propriedades mecânicas do solo. Pelo exposto, acredita-se que testes estatísticos como estes podem se constituírem ferramentas importantes para estimar e comparar equações que ajustam a erosividade em função de coeficiente de chuva ( $R_c$ ), para esta região e para estas duas séries históricas.

Este trabalho teve, portanto, como objetivo propor e comparar modelos matemáticos para estimativa da erosividade das chuvas ocorrentes em dois municípios do estado de São Paulo na região do Vale do Ribeira.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção dos parâmetros de chuva e ajuste das equações

O trabalho foi realizado utilizando-se de precipitações extraídas de pluviógrafos disponibilizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo – DAEE, dos municípios de Sete Barras e Juquiá, cujas localizações são dadas pelas latitudes de 24°17'S e 24°24'S e longitudes de 47°57'W e 47°45'WGr, respectivamente. A altitude varia entre 30 e 60 metros e o clima da região, de acordo Köppen é o Cfa. A temperatura média anual entre os dois municípios é aproximadamente de 21° e a precipitação pluvial média anual é de 1200 mm, com maior concentração nos meses de novembro a março.

O estudo para obtenção das equações constou de quantificações dos índices de erosividade ( $EI_{30}$ ), precipitações e coeficientes de chuva ( $R_c$ ), todos mensais, para o período de 1975 a 1983 e de 1975 a 1981, dos municípios de Sete Barras e Juquiá, respectivamente (Quadro 1).

Foram consideradas independentes aquelas chuvas separadas por um período superior a seis horas, com precipitação inferior a 1 mm. Sobre os pluviogramas, procedeu-se à separação das chuvas individuais erosivas, seguindo o critério de Wischmeier & Smith (1958), relacionadas a seguir: (a) foram escolhidas as chuvas que apresentaram uma lâmina de

10,0 mm ou mais, e (b) foram também escolhidas as chuvas que apresentaram menos de 10,0 mm, se o seu volume em 15 min fosse de 6,0 mm ou mais.

Para calcular a energia cinética, foi utilizada a equação de Wischmeier & Smith (1978), ajustada ao Sistema Internacional de Unidades por Foster et al., (1981), dada pela Equação 1:

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

Em que:

$E_c$  = energia cinética da chuva no segmento ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );

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

Log = logaritmo decimal.

A intensidade máxima em trinta minutos foi obtida a partir da Equação 2, proposta por Wichmeier (1959).

$$I_{30} = L_i 0,5^{-1} \quad (2)$$

Em que:

$I_{30}$  = intensidade máxima da chuva em 30 min, ( $\text{mm h}^{-1}$ );

$L_i$  = lâmina máxima precipitada durante um intervalo de tempo de 30 minutos consecutivos, no decorrer da chuva, (mm).

Quando a duração total da chuva foi menor do que 30 minutos, o  $I_{30}$  correspondeu ao dobro da lâmina total precipitada (Wischmeier & Smith, 1978). Assumindo que o diâmetro das gotas de chuva não aumenta quando a intensidade é maior que  $76 \text{ mm h}^{-1}$ , o valor utilizado como limite máximo para a energia cinética foi de  $0,283 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . O índice  $EI_{30}$  foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total ( $E_c$ ) de uma chuva erosiva pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos ( $I_{30}$ ). O somatório dos valores diários de  $EI_{30}$  permitiu quantificar o valor mensal e o somatório dos valores mensais, o valor anual (Wischmeier, 1959).

O coeficiente de chuva ( $R_c$ ), isto é, razão entre o quadrado do total médio mensal e o total médio anual de precipitação foi calculado pelo método usado por Lombardi Neto (1977), cuja expressão é dada por:

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

Em que:

$R_c$  = coeficiente de chuva, (mm);

$P_m$  = precipitação média mensal, (mm); e

$P_a$  = precipitação média anual (mm).

**Quadro 1.** Distribuição média mensal dos índices de erosividade ( $EI_{30}$ ), precipitação e coeficiente de chuva ( $Rc$ ), dos municípios de Juquiá e Sete Barras (SP), no período de 01/01/1975 a 31/12/1981 e de 01/01/1975 a 31/12/1983, respectivamente.

Mês	Estação	$EI_{30}$		Precipitação		$Rc$
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta
		(MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) 1)	(%)	(mm)	(%)	mm
<b>Juquiá (SP)</b>						
Janeiro	Verão	1103	17,95	142	17,89	25,46
Fevereiro	Verão	1209	19,67	140	17,70	24,75
Março	Outono	873	14,21	98	12,42	12,13
Abril	Outono	546	8,89	68	8,52	5,84
Maio	Outono	253	4,12	35	4,45	1,55
Junho	Inverno	187	3,04	31	3,92	1,21
Julho	Inverno	187	3,05	36	4,53	1,64
Agosto	Inverno	171	2,78	28	3,50	0,99
Setembro	Primavera	199	3,23	28	3,53	0,99
Outubro	Primavera	260	4,23	40	5,04	2,02
Novembro	Primavera	399	6,50	72	9,12	6,55
Dezembro	Verão	758	12,33	74	9,38	6,91
<b>Média</b>		512		66		7,50
<b>Total</b>		6145	100,00	792	100,00	90,03
<b>Sete Barras (SP)</b>						
Janeiro	Verão	2635	20,81	243	16,92	41,15
Fevereiro	Verão	1924	15,19	200	13,92	27,87
Março	Outono	2115	16,70	225	15,71	35,28
Abril	Outono	647	5,11	84	5,84	4,92
Maio	Outono	584	4,61	84	5,83	4,92
Junho	Inverno	500	3,95	54	3,79	2,03
Julho	Inverno	389	3,07	62	4,33	2,68
Agosto	Inverno	173	1,37	30	2,08	0,63
Setembro	Primavera	369	2,91	56	3,88	2,19
Outubro	Primavera	754	5,96	104	7,28	7,54
Novembro	Primavera	1129	8,91	120	8,40	10,03
Dezembro	Verão	1445	11,41	173	12,07	20,86
<b>Média</b>		1055		120		13
<b>Total</b>		12664	100	1435	100	160,09

#### 4.2 Análise dos dados e validação das equações

A análise estatística dos dados se deu qualitativa e quantitativamente. Teste de comparação múltipla foi empregado para comparar médias absolutas de erosividades ( $EI_{30}$ ), precipitações ( $Pp$ ) e coeficientes de chuvas ( $Rc$ ) referentes às quatro estações do ano (verão, outono, primavera e verão) de duas séries históricas. A correlação entre  $EI_{30}$  e  $Rc$  foi verificada pelo coeficiente de correlação de Pearson. Buscando estimar valores de  $EI_{30}$  em função de  $Rc$  foram ajustadas equações polinomiais de primeira ordem para as séries históricas de cada município. A comparação entre as linhas de regressão ajustadas para cada série foi feita por meio da proposição de Snedecor & Cochran (1989).

Para validar as equações e compará-las com uma equação já consolidada pela literatura (Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992) foram utilizados dados pluviométricos de uma série histórica diferente (dados pluviométricos para as condições do município de Sete Barras do ano de 1952 a 1977) das que geraram as equações. Esta série histórica foi escolhida para avaliar o desempenho das equações obtidas para ambos municípios, possibilitando observar as conseqüências da utilização indevida de equações, ainda que na mesma região fisiográfica e, por fim avaliar como se comporta o modelo proposto por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) para as condições pluviométricas do município de Sete Barras. A opção de escolha pela equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) como uma ferramenta de comparação (Equação 4) se deu por sua ampla aceitação e utilização dentro do Estado de São Paulo (Silva, 2004) e em outras regiões do país.

$$EI_{30} = 68,73 (Pm^2 Pa^{-1})^{0,841} \quad (4)$$

Em que:

$EI_{30}$  = índice de erosão, (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>);

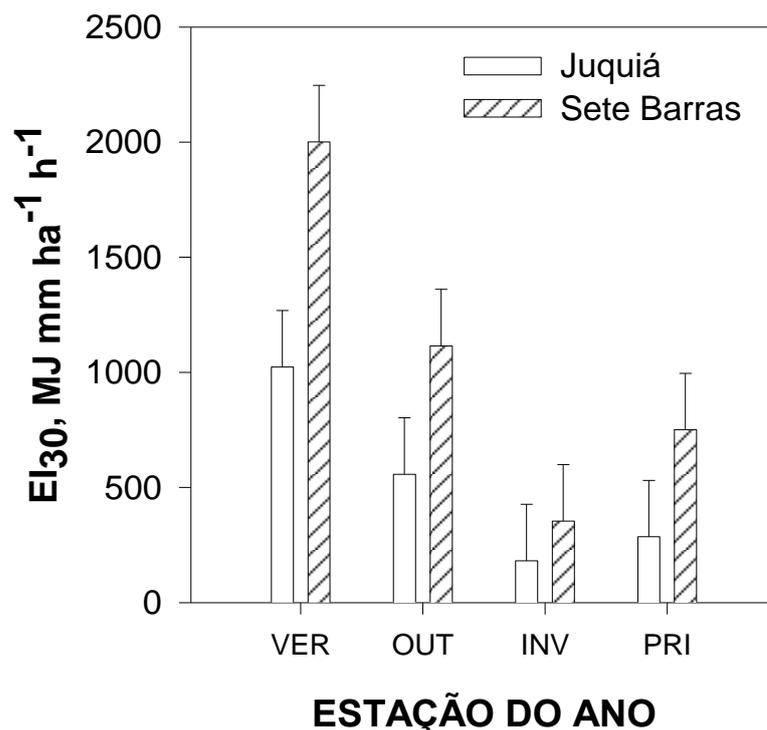
Pm = precipitações médias mensais, (mm);

Pa = precipitações anuais, (mm).

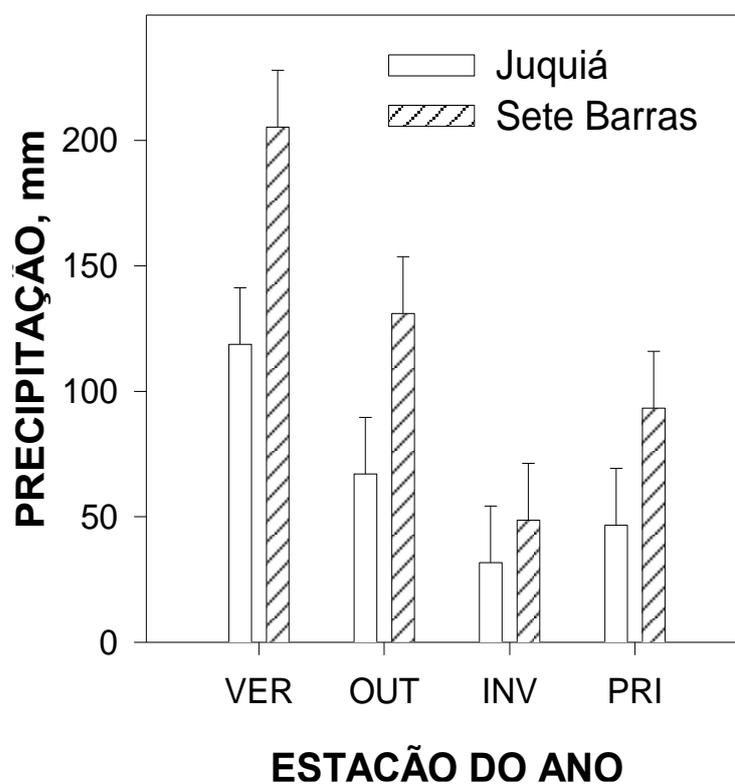
Os valores médios de  $EI_{30}$  observados e estimados em função dos valores de Rc para as distintas séries históricas foram comparados estatisticamente buscando observar a diferença entre as equações que estão sendo propostas neste estudo e a equação de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992). E para isto, foram testados, por meio do intervalo de confiança (IC) com  $\alpha$  igual a 0,05 Os aplicativos Sisvar (Ferreira, 2003) e Sigmaplot for Windows da Systat Software Inc. (SSI) foram utilizados para análise.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

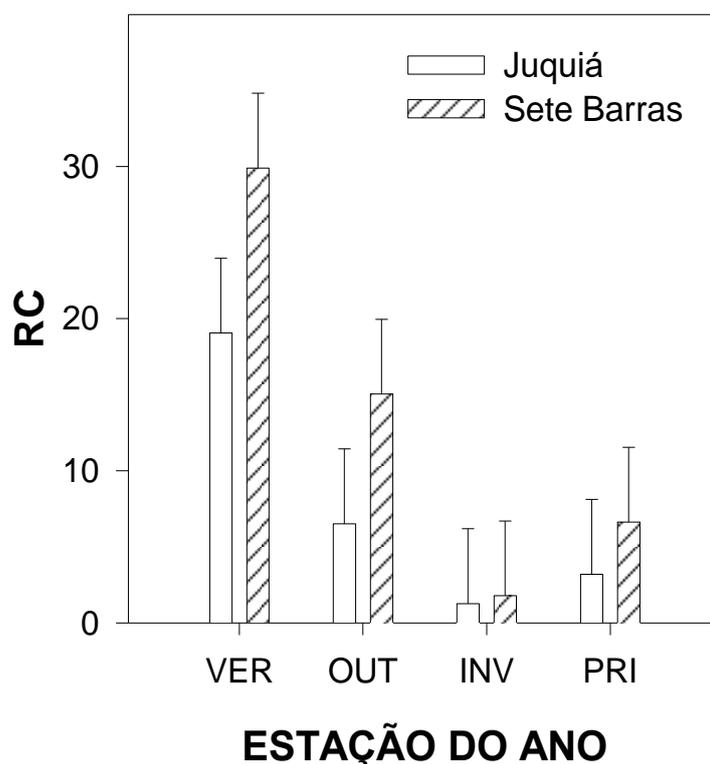
Os valores de  $EI_{30}$  absoluto (Figura 1), avaliados para o município de Sete Barras em todas as estações do ano foram superiores estatisticamente aos encontrados para Juquiá, apresentando a seguinte ordem de intensidade erosiva: verão (dezembro, janeiro e fevereiro) > outono (março, abril e maio) > primavera (setembro, outubro e novembro) > inverno (junho, julho e agosto). Os valores médios de precipitação absoluta em Sete Barras seguiram o mesmo comportamento do  $EI_{30}$  absoluto avaliado, sendo todos superiores aos valores encontrados para o município de Juquiá em todos os meses do ano. Diferentemente dos outros parâmetros, os valores de Rc (Figura 3) da primavera (setembro, outubro e novembro) para o município de Juquiá não diferiram estatisticamente dos valores de Rc do município de Sete Barras.



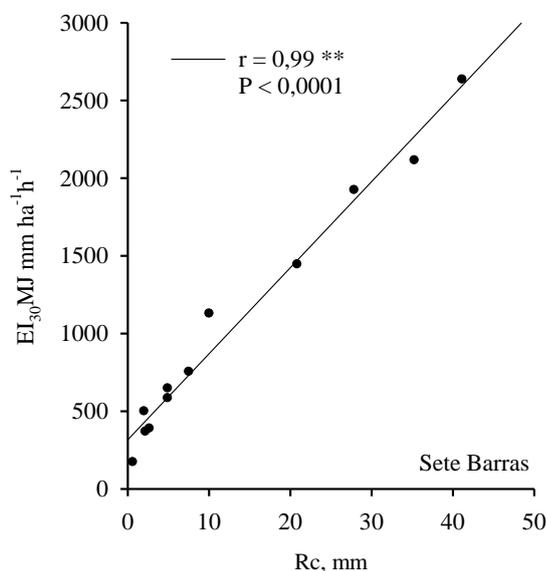
**Figura 1.** Valores médios de Erosividade ( $EI_{30}$ ) das estações do ano dos municípios de Juquiá e Sete Barras.



**Figura 2.** Valores médios de precipitação ( $P_p$ ) das estações do ano dos municípios de Juquiá e Sete Barras.



**Figura 3.** Valores médios de coeficiente de chuvas (Rc) das estações do ano dos municípios de Juquiá e Sete Barras.

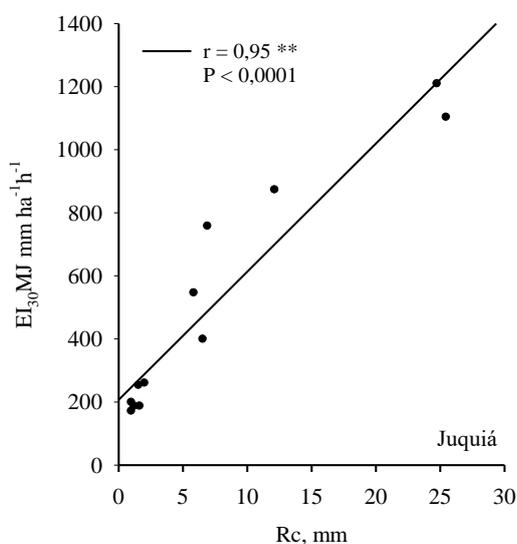


**Figura 4.** Correlação entre os dados de erosividade ( $EI_{30}$ ) e coeficiente de chuva (Rc) do município de Sete Barras (SP) para o período de 1974 a 1981.

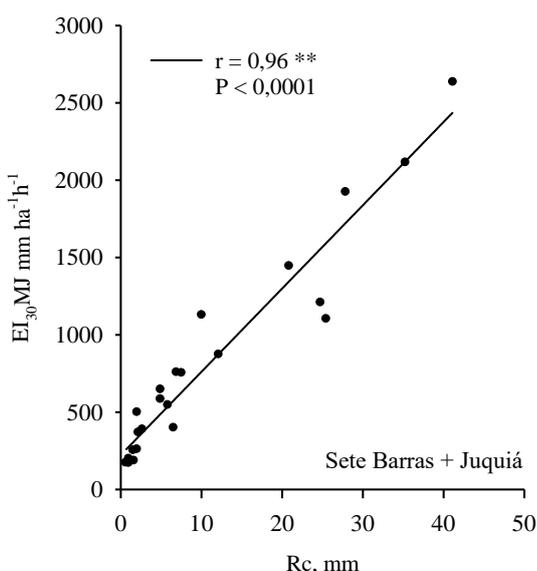
Estes resultados podem ainda ser corroborados quando se observam as erosividades médias anuais de ambos os períodos (Quadro 1) e verificam-se valores de  $EI_{30}$  da ordem de 12664 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Sete Barras e 6146 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Juquiá, acompanhados

dos dados de precipitação média anual de 1434 mm e de 824 mm, respectivamente. Significa dizer que para os períodos estudados, a erosividade média anual de Juquiá atingiu apenas 49% da erosividade média anual estimada para Sete Barras, enquanto que a precipitação registrada representou somente 55% da precipitada em Sete Barras.

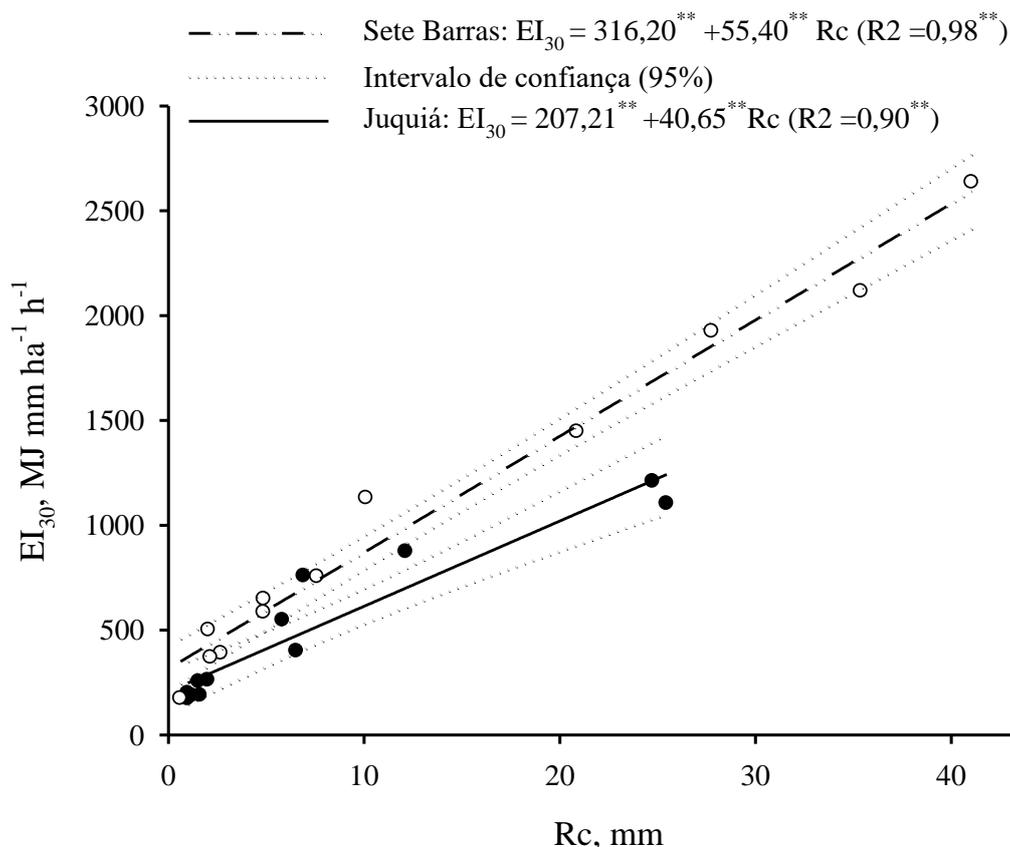
Foi verificada uma correlação altamente significativa entre o índice de erosividade ( $EI_{30}$ ), médio mensal e o coeficiente de chuva, isto é,  $0,99^*$  para Sete Barras,  $0,95^{**}$  para Juquiá e  $0,96^*$  para todos os dados das duas séries históricas (Figura 4, 5 e 6). Equações com coeficientes de determinação de  $0,98^{**}$  para Sete Barras e  $0,90^{**}$  para Juquiá foram ajustadas, sendo que para as condições destes dois municípios foi a função polinomial de primeira ordem que se mostrou a mais apropriada para estimar a erosividade (Figura 7). Estes resultados estão em concordância com Rufino et al. (1993) Bertol (1994), e Silva et al. (1996).



**Figura 5.** Correlação entre os dados de erosividade ( $EI_{30}$ ) e coeficiente de chuva (Rc) do município de Juquiá (SP) para o período 1975 a 1983.



**Figura 6.** Correlação entre os dados de erosividade ( $EI_{30}$ ) e coeficiente de chuva (Rc) dos municípios de Juquiá (SP) para o período de 1974 a 1981 e 1975 a 1983, respectivamente.



**Figura 7.** Equações ajustadas para estimativa de Erosividade ( $EI_{30}$ ) em função de coeficiente de chuva ( $R_c$ ) dos municípios de Juquiá (SP) e Sete Barras, para o período de 1974 a 1981 e 1975 a 1983, respectivamente.

Os resultados da comparação entre as equações obtidas para os dois municípios, seguindo os procedimentos de Snedecor & Cochran (1989) mostram que os coeficientes angulares de 40,67 para Juquiá e 55,43 para Sete Barras diferem estatisticamente pelo teste de F ( $F = 136441/15235 = 8,96$  e  $gl = 1; 20$ ) a 1% de probabilidade. Não havendo paralelismo entre as retas ajustadas, as equações diferem entre si e não se justifica, de acordo com Snedecor & Cochran (1989), continuar a investigação para comparar os coeficientes lineares, muito embora, estes também tenham diferido estatisticamente ( $F = 335750/21006 = 15,98$  e  $gl = 1; 21$ ) com uma probabilidade de 0,01. Estes resultados sugerem que a estimativa da erosividade das chuvas nos dois municípios estudados, a partir de valores de  $R_c$ , pode ser predita por suas respectivas equações, e a aplicação de qualquer uma das equações para outras localidades, mesmo dentro do Vale do Ribeira, poder resultar na estimativa imprecisa da erosividade.

**Quadro 2.** Comparação das linhas de regressão dos dados de erosividades dos municípios de Juquiá e Sete Barras, de acordo com as pressuposições de Snedecor & Cochran (1989).

Li nh a	Gl	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	Coef . Reg.	Desvios da regressão			
						gl	SQ	QM	
1	Dentro Juquiá	11	870	3539	1596243	40,6 5	10 7	15639 15640	
2	S. Barras	11	2233	123812	7011743	55,4 0	10 6	14829 14829	
3							20 3	30469 15235	
4	Agrupado, W	22	3104	159212	8607985 3	51,3 0	21 4	44113 21006	
5	Diferença entre os coeficientes angulares						1	13644 1	136441
6	Entre, B	1	204	18994	1770117				
7	W+B	23	3308	1782054	1037810 27		22 4	77688 35313	
8	Diferença entre as médias ajustadas						1	33575 0	335750
9	Comparação dos coeficientes angulares: $F = 136441/15235 = 8,96$ (gl = 1; 20) é significativo (P= 0,01)								
10	Comparação dos coeficientes lineares: $F = 335750/21006 = 15,98$ (gl = 1; 21) é significativo (P= 0,01)								

A estimativa da erosividade ( $EI_{30}$ ) por meio das equações obtidas neste estudo e da equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), novamente vale ressaltar que a escolha deste modelo (Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992) foi pela sua ampla aceitação e utilização dentro do Estado de São Paulo (Silva, 2004), em função de dados pluviométricos de uma distinta série histórica (Sete Barras, SP - período de 1952 a 1977) está apresentada no Quadro 3.

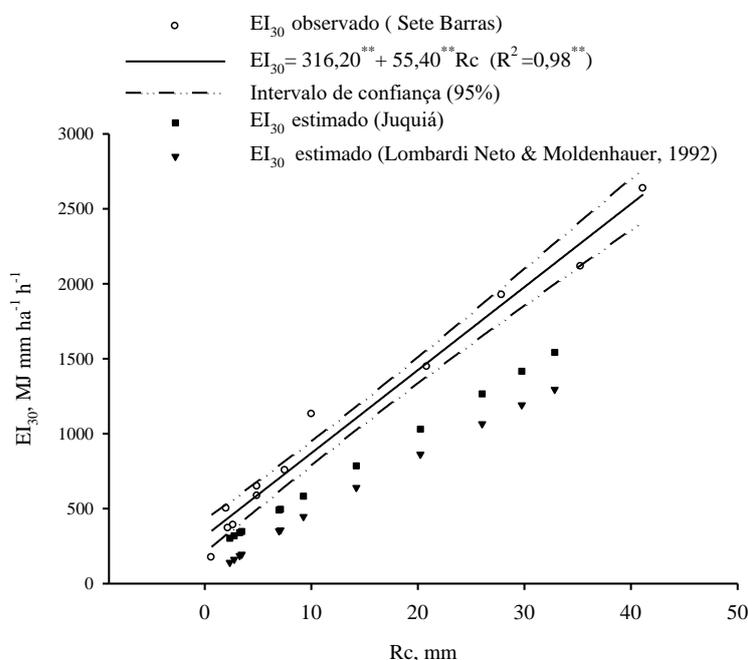
Observa-se que mesmo utilizando-se das equações obtidas neste estudo e alterando apenas a série histórica foram verificadas mudanças consideráveis na estimativa da erosividade. A equação (Quadro 3) proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) apresentou um valor de  $6895 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ . Observa-se também, que apesar de estar em uma mesma região fisiográfica, a equação ajustada para o Município de Juquiá, aplicada ao regime pluviométrico de Sete Barras subestimou o valor de  $EI_{30}$ , se comparado ao valor estimado pela equação de Sete Barras.

As diferenças entre equações (Figura 8) que estão sendo propostas neste estudo e a equação de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), apresentadas no Quadro 3 são significativas. Com 95% de probabilidade, observa-se que os valores médios de  $EI_{30}$  estimados pela equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) estão muito fora do intervalo de confiança (IC, com  $\alpha=0,05$ ) e diferem estatisticamente, subestimando a

erosividade quando da utilização de uma série histórica para as condições pluviométricas do município de Sete Barras.

**Quadro 3.** Índices erosivos ( $EI_{30}$ ) estimados a partir das equações obtidas neste estudo e recomendada na literatura, em função do coeficiente de chuva ( $R_c$ ), utilizando de uma série histórica de Sete Barras de 1952 a 1977.

Mês	Pm (mm)	Rc	$EI_{30}$ (MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )		
			Equação ajustada para Juquiá $EI_{30} = 207,21 + 40,65R_c$	Equação ajustada para Sete Barras $EI_{30} = 316,20 + 55,40R_c$	Lombardi Neto & Moldenhauer (1992)
Sete Barras (SP) - período de 1952 a 1977					
JAN	228	32,84	1542	2136	1295
FEV	217	29,75	1416	1965	1192
MAR	203	26,03	1265	1759	1066
ABR	105	6,96	490	702	352
MAI	74	3,46	348	508	195
JUN	72	3,27	340	497	186
JUL	66	2,75	319	468	161
AGO	61	2,35	303	446	141
SET	106	7,10	496	709	357
OUT	150	14,21	785	1104	641
NOV	121	9,25	583	829	446
DEZ	179	20,24	1030	1438	862
<b>Total</b>	<b>1583</b>	<b>158,22</b>	<b>8918</b>	<b>12561</b>	<b>6895</b>



**Figura 8.** Comparação das equações obtidas neste estudo com a equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), para distintas séries históricas dos municípios de Juquiá e Sete Barras.

Portanto, isso reforça o resultado da diferença estatística verificada entre as equações (Quadro 2) e evidencia que, mesmo as cidades apresentando a mesma classificação climática e uma variação de altitude de 30 a 60 metros e um distanciamento de aproximadamente 30 km, não se aplica à utilização da equação proposta para o município de Sete Barras (SP) para as mesmas condições de Juquiá (SP). Esta comparação permitiu afirmar que é mais fácil utilizar a equação ajustada para o Município de Sete Barras do que usar equações obtidas de outros municípios, como por exemplo, o de Juquiá ou mesmo utilizar o método tradicional, como o modelo de Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

## 6 CONCLUSÕES

Equações lineares significativas, com coeficientes de determinação de 0,98\*\* para Sete Barras e 0,94\* para Juquiá, mostraram que a função polinomial de primeira ordem foi apropriada para estimar a erosividade dos dois municípios, mesmo sendo as séries históricas utilizadas neste estudo, menores do que as recomendadas pela literatura;

As equações ajustadas para ambos os municípios diferiram estatisticamente, sugerindo que em estudos futuros, a estimativa da erosividade em função de  $R_c$ , deve ser predita por suas respectivas equações, e a aplicação de qualquer uma das equações para outras localidades, mesmo dentro do Vale do Ribeira, poder resultar na estimativa imprecisa deste fator;

A comparação entre as equações obtidas neste estudo para distintas séries históricas dos municípios de Juquiá e Sete Barras e a equação divulgada na literatura, mostrou que o emprego desta última subestima os valores de  $EI_{30}$  para ambos os municípios.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. S. et al. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 124-130, 2001.

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

CARVALHO, M. P.; PISSARA, T. C.; PAULINO, H. B. Erosividade da chuva de Selvíria (MS): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

CARVALHO, J. R. P. de; MEAD, R. Comparison among three criteria to test the equality of correlation coefficients. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 6, p. 785-795, 1992.

CHAVES, I. B.; LEITE JÚNIOR, G. P.; MAIA NETO, F. F. Análise da pluviometria e da erosividade das chuvas de Patos (PB). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO

SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997.

DIAS JÚNIOR, M. S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**, 1994, 114 f. Tese (Doutorado em Solos e Culturas) – Michigan State University, 1994. Michigan, 1994.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Programas e resumos. São Carlos: UFSCAR, 2000.p. 255-258.

FISHER, R. A. On mathematical foundations of theoretical statistics, **Philosophical Transactions**, London, série A 222, p. 309-396, 1921.

FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, WC. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, p. 355-359, 1981.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity**: its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil, 1977, 53 f. Tese (Mestrado em Agronomia) Purdue University, Purdue, 1977.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 51, n. 2 p. 189-196, 1992.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURTI, N. Erosividade das chuvas da região de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 5, p. 285-288, 1988.

MORAIS, L. F. B. et al. Índice EI<sub>30</sub> e sua correlação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 339-44, 1991.

PEREIRA, H. H. G. **Índices de erosividade da chuva**: distribuição e relações com a precipitação em Piracicaba (SP). 1983. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

PISSARRA, T. C. T; CARVALHO, M. P.; CHUEIRE, F. B. Erosividade da chuva de Pereira Barreto (SP): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000. Ilhéus, **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 147-156, 2001.

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

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

SILVA, M. L. N. et al. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11, 1996. Águas de Lindóia, **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.

SILVA, R. B. et al. Influência do preparo inicial sobre a estrutura do solo quando da adoção do sistema plantio direto, avaliada por meio da pressão de preconsolidação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p.961-971, 2003.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 8th. ed. Ames: Iowa State University, 1989. 503 p.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil: loss equation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 23, n. 3, p. 246-249, 1959.

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

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