

631.43 cor

Ext-35

Ext R  
35

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL.

13026



CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICES DE EROSIVIDADE  
E CARACTERÍSTICAS DE PRECIPITAÇÃO FACILMENTE  
MENSURÁVEIS DA BEIRA E MAPUTO<sup>1</sup>

Elaborado por:

Paulo C. do Afonseca Cordeiro

Supervisor:

Engº Maurits Van den Berg (Msc)

Maputo, Dezembro de 1996

---

<sup>1</sup>Tese submetida à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, para a obtenção do grau de licenciatura em Agronomia, opção em Engenharia Rural.

DEDICATÓRIA:

A

Minha querida Mãe , Lúcia Sande  
Com muito amor e carinho...

## AGRADECIMENTOS:

ii

Agradeço a todos quanto directa ou indirectamente tomaram parte, para que este trabalho tornasse uma realidade, em particular a:

Instituto Nacional de Meteorologia (INAM)

Engº Maurits van den Berg

Dr. G. Mlay

Ann Bouckaert

Alcinda da Graça Mabunda

Dr. Francisco Mbofana

Eusébio Augusto

M. Malache

Felicidade Massingue

Emilio Tostão

I.A.C. (Brazil)

- D: Números de dias de chuva mensal
- DTC: Distribuição de tamanhos das gotas
- E<sub>i</sub>: Energia cinética de ocorrências individuais de precipitação
- EI30: Produto da energia cinética total pela sua intensidade máxima durante 30 minutos
- E1: Energia cinética total calculada pela equação 1
- E2: Energia cinética total calculada pela equação 2
- E3: Energia cinética total calculada pela equação 3
- E4: Energia cinética total calculada pela equação 4
- E5: Energia cinética total calculada pela equação 5
- E<sub>t</sub>: Energia cinética total
- F: classe de erodibilidade
- F<sub>m</sub>: Índice de Fournier Modificado
- g: Aceleração de gravidade
- h: Altura
- ha: hectar
- hr: Hora
- I: Intensidade de precipitação
- I30: Intensidade de precipitação máxima durante 30 minuto
- INAM: Instituto Nacional de Meteorologia
- ln: logaritmo natural
- log: logaritmo com base 10
- m: Massa
- MJ: Mega Joule
- n: Número de observações
- P: Precipitação média anual
- P<sub>max</sub>: Precipitação máxima durante 24 horas mensal
- P<sub>mes</sub>: Precipitação total mensal.

P.e: Por exemplo.

R: Erosividade de precipitação

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação

r: Coeficiente de correlação linear

S.I: Sistema internacional

SLEMSA: Modelo de estimativa de perda de solo para Africa Austral.

Ton: Toneladas.

USLE: Equação Universal de perda de solo

USA: Estados Unidos da América

V: Velocidade

VTG: Velocidade terminal das gotas

ZCIT: zona de convergência intertropical

## SUMMARY:

v

This work studies the erosivity of precipitation based on five different equations of kinetic energy of the rainfall ( $E_i$ ), and kinetic energy of the maximum 30-minute intensity of rainstorms ( $E_{I30}$ ) of Beira and Maputo, and its average monthly distribution. This with the aim to establish the degree of correlation among the different calculation equations of  $E_i$ , the average monthly distribution of total kinetic energy of rainfall ( $E_t$ ) and  $E_{I30}$ . To establish correlation between  $E_t$  and  $E_{I30}$  with  $P_{monthly}$ ,  $P_{max}$  and  $P_{monthly}^2/P$ . This all in the attempt to achieve mathematical equation that estimates  $E_t$  and  $E_{I30}$  from precipitation data obtained by using rain-gauges.

Pluviographic data obtained at the Observation Centres of INAM in Beira (1986-1994) and Maputo (1984-1993) were analysed. All occurrences of rain were esteemed and later analysed using the INTENSIT2.PAS programme, which was developed for this purpose. The monthly characteristics obtained of the precipitation for all the period of intensity were:  $E_t$ , average precipitation ( $P_{monthly}$ ), number of rainy day ( $D$ ), maximum 24 hr rainfall ( $P_{max}$ ), and modified Fournier index ( $P_{monthly}^2/P$ ). Correlation was established between various equation of  $E_i$  and  $E_{I30}$  with  $P_{monthly}$ ,  $P_{max}$  and  $P_{monthly}^2/P$ . It was observed that there exists, for the places studied, a high correlation between the five methods of calculating  $E_i$ . A good correlation was also found between  $E_t$  and  $E_{I30}$  with  $P_{monthly}$ ,  $P_{max}$  and  $P_{monthly}^2/P$ .

The data show that 86% of the erosive potential of the average annual  $E_t$  and 94% of the potential of the average average annual  $E_{I30}$ , occur between the months of November and April in Beira. For Maputo, 89% of the erosion potential of the average annual  $E_t$  and 93% of erosion potential of average of  $E_{I30}$  occur between September and March. In relative terms, Beira has more erosive potential than Maputo.

Through regression equation obtained, one can estimated the indices of erosion through the following equation:

$$\text{Beira: } E_t = -1.97 + 22.85 \cdot P_{monthly}; \quad E_{I30} = -63.68 + 22.853 \cdot P_{max}$$

$$\text{Maputo: } E_t = -1.86 + 0.187 \cdot P_{monthly}; \quad E_{I30} = -174.46 + 17.543 \cdot P_{max}$$

Where :  $E_t$  ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),  $E_{I30}$  ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ ),  $P_{monthly}$  (mm) and  $P_{max}$  (mm).

Its supposed that this equations can be used for other places, with similar climatic conditions, and where monthly precipitation data are available.

Foi estudada a energia cinética para cada ocorrência de chuva ( $E_i$ ) calculada na base de cinco equações diferentes e energia cinética de intensidade máxima durante 30 minutos ( $E_{I30}$ ), sua distribuição média mensal, para Beira e Maputo, com a finalidade de conhecer o grau de correlação entre as várias equações de cálculo de  $E_i$ , a distribuição temporal média mensal de energia cinética total ( $E_t$ ) e  $E_{I30}$ . Efectuaram-se correlações entre  $E_t$  e  $E_{I30}$  com precipitação mensal ( $P_{mes}$ ), precipitação máxima durante 24 horas ( $P_{max}$ ), e o índice de Fournier modificado ( $P_{mes}^2/P$ ), na tentativa de se obter uma equação matemática que estimasse  $E_i$  e  $E_{I30}$ , através de dados de chuvas obtidos com pluviómetros.

Para o efeito foram analisados dados pluviográficos dos centros de observação de Beira (1986-1994) e Maputo (1984-1993), pertencentes ao INAM. Todas as ocorrências de chuvas foram analisadas, através do programa INTENSIT2.PAS desenvolvido para o efeito. As características mensais de chuvas obtidas, para todos os períodos de intensidade, foram a  $E_t$ ,  $D$ ,  $P_{max}$ ,  $P$  e  $P_{mes}^2/P$ . Foi efectuada a correlação entre as várias equações de  $E_t$ , e entre  $E_t$ ,  $E_{I30}$  com  $P_{mes}$ ,  $D$ ,  $P_{max}$  e  $P_{mes}^2/P$ .

Foi observado que existe, para os locais estudados, uma elevada correlação entre as cinco equações de cálculo de  $E_t$ ; e entre  $E_t$  e  $E_{I30}$  com a  $P_{mes}$ ,  $P_{max}$  e  $P_{mes}^2/P$ .

Os resultados mostram que 86 % do potencial erosivo de  $E_t$  médio anual e 94 % do potencial erosivo de  $E_{I30}$  médio anual, ocorrem entre os meses de Novembro a Abril na Beira, e 89 % do potencial erosivo de  $E_t$  médio anual e 93 % do potencial erosivo de  $E_{I30}$  média anual, ocorrem entre os meses de Setembro a Março, no Maputo. Em termos relativos Beira possui maior potencial erosivo que Maputo.

Através de equações de regressão obtidas, podem-se estimar os índices de erosividade através das equações seguintes:

$$\text{Beira: } E_t = -1.972 + 22.853 \cdot P_{mes}; \quad E_{I30} = -263.681 + 22.853 \cdot P_{max}$$

$$\text{Maputo: } E_t = -1.864 + 0.187 \cdot P_{mes}; \quad E_{I30} = -174.463 + 17.543 \cdot P_{max};$$

Onde :  $E_t$  ( $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ),  $E_{I30}$  ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ ),  $P_{mes}$  (mm) e  $P_{max}$  (mm).

Ou para outros locais, mas que apresentem condições climáticas semelhantes as de Beira ou Maputo, e que possuem apenas dados de chuvas obtidos com pluviómetros.

## CONTEÚDO:

vii

	Página
Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Listas de siglas e símbolos	iii
Summary	v
Resumo	vi
Conteúdo	vii
Listas de figuras	ix
Listas de tabelas	x
1. Introdução	1
1.1 Objectivos	4
2. Revisão bibliográfica	5
2.1 Erosividade e erodibilidade do solo	5
2.3 Processos e Mecanismos de erosão	6
2.2 Efeitos da erosão	6
2.4 Equações de cálculo dos índices $E_i$ e $E_{I30}$	7
2.5 Erosividade da precipitação	9
2.6 Modelos de perdas de solo	12入
2.7 Precipitação	16
2.7.1 Formas de precipitação	16
2.7.2 Tipos de chuvas	17
2.7.3 Variação Espacial da precipitação	17
2.7.4 Variação sazonal da precipitação	18
2.8 Variação espacial da erosão	19
2.9 Variação temporal da erosão	20
3. Estudos efectuados em Moçambique	22
4. Descrição da área de estudo	24
4.1 Localização	24
4.2 Clima	24



5. Materiais e Métodos	25
6. Resultados e discussão	29
6.1 Precipitação total anual	29
6.2 Distribuição média mensal dos índices de erosividade	30
6.2.1 Beira	30
6.2.2 Maputo	33
6.3 Correlação entre os índices de erosividade da precipitação	36
6.3.1 Correlação entre equações de energia cinética de ocorrências individuais de precipitação	36
6.3.2 Correlação entre $E_t$ e $P_{mes}$ , $P_{max}$ e $D$	39
6.4 EI30	45
7. Conclusões	51
8. Recomendações	54
9. Referências bibliográficas	55
10. Anexo I: Programa Intensil2.Pas	61
11. Anexo II: Dados de $E_t$ da Beira	65
12. Anexo III: Dados de EI30 da Beira	67
13. Anexo IV: Dados de $E_t$ de Maputo	69
14. Anexo V: Dados de EI30 de Maputo	72

## LISTAS DE FIGURAS

2.1- Estrutura de USLE, de Hudson, 1981	13
2.2 - Estrutura de SLEMSA, de Elwell and Stocking, 1982	15
2.3 - Mapa geral da distribuição geográfica da erosão causada pela chuva	18
2.4 - Relação entre perda de solo e a) Precipitação média efectiva, b) <i>Runn off</i> médio anual (segundo Gregory e Walling, 1973)	19
2.5 - Ciclo sazonal da precipitação, cobertura vegetal e erosão nos climas semi-húmidos (segundo Kirkby, 1980)	21
6.1 - Distribuição dos valores médios de precipitação de Beira, de 1986 à 1994	31
6.2 - Distribuição dos valores médios de Energia cinética total de Beira, de 1986 à 1994	32
6.3 - Distribuição dos valores médios de EI30 de Beira, de 1986 à 1994	32
6.4 - Distribuição dos valores médios de precipitação de Maputo, de 1984 à 1993	34
6.5 - Distribuição dos valores médios de Energia cinética total de Maputo, de 1984 à 1993	35
6.6 - Distribuição dos valores médios de EI30 de Maputo, de 1984 à 1993	35
6.7 - Correlação entre E2 e E1	37
6.8 - Correlação entre E3 e E1	38
6.9 - Correlação entre E4 e E1	38
6.10 - Correlação entre E5 e E1	39
6.11 - Correlação entre Et e Pmes	41
6.12 - Correlação entre Et e Pmax	41
6.13 - Correlação entre Et e D	42
6.14 - Correlação entre EI30 e Pmes	46
6.15 - Correlação entre EI30 e Pmax	46
6.16 - Correlação entre EI30 e D	47
6.17 - Correlação entre EI30 e Fm	47

## LISTAS DE TABELAS

	x
2.1 - Equações de regressão entre Et e Precipitação total mensal (Pmes, mm)	10
2.2 - Equações de regressão de EI30 ou R e características de precipitação facilmente mensuráveis	11
3.1 - Lista das estações meteorológica	23
6.1 - Precipitação total anual, da Beira e Maputo	29
6.2 - Distribuição média mensal de Pmes, Pmax, D, Et e EI30, de Beira no período de 1986 à 1994	30
6.3 - Distribuição média de Pmes, Pmax, D, Et e EI30, de Maputo no período de 1984 à 1993	33
6.4 - Coeficiente de correlação (r) entre Et2, Et3, Et4, Et5 e Et1, para Beira e Maputo	36
6.5 - Equações de regressão obtidas pela relação entre Et e Pmes, Pmax e D; Coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ); Número de observações (n)	40
6.6 - Análise de variância entre Et de Beira e Maputo	43
6.7 - Correlação entre EI30 e Pmes, Pmax e D, para Beira e Maputo	45
6.8 - Correlação entre EI30 calculada e EI30 obtida pela equação ajustada, para Beira; (n=98)	48
6.9 - Correlação entre EI30 calculada e EI30 obtida pela equação ajustada, para Maputo; (n=120)	49

## 1. INTRODUÇÃO

Erosão é o processo de remoção e transporte de partículas do solo pela acção do vento e da água (Morgan, 1988). Devido a este processo, nutrientes e matéria orgânica são continuamente removidos, causando a deterioração das propriedades físicas e químicas do solo.

Os factores que afectam o processo de erosão são:

- O clima: quantidade e intensidade de precipitação;
- direcção e velocidade de vento;
- cobertura vegetal/culturas;
- tipo de solo;
- comprimento e gradiente do declive;
- manejo do solo.

Para um bom uso de terra é imprescindível que se conheça o impacto de cada um destes factores sobre o risco de erosão, no espaço e no tempo. Entre estes factores, o clima, que está além do controlo do Homem, é a causa básica que dá origem a erosão do solo.

Este estudo vai debruçar-se apenas sobre a acção erosiva da precipitação. Chama-se intensidade de precipitação a quantidade de chuva que cai num determinado período de tempo. De um modo geral quanto mais intensa for a chuva, maior será a erosão.

Dos efeitos da chuva na erosão dos solos, sobressaem o impacto das gotas, que provoca o a remoção das partículas e a sua quantidade, que provoca o escoamento superficial.

O relevo tem uma influência sobre as perdas do solo, estas estão relacionadas com o grau da declividade e com o comprimento do declive. De modo geral quanto maior for o declive e o comprimento do declive, maior será a erosão.

O tipo de solo tem influências nas quantidades de perdas de solo, em geral, os solos arenosos, a erosão provoca perdas maiores de solo do que em solos argilosos.

x A vegetação actua como protectora contra erosão. A erosão é mais severa em terrenos com culturas de ciclo anual, do que com cultura perenes, pois, no primeiro caso, os solos ficam mais tempo desprotegidos, depois das colheitas ou em solos desprotegidos de vegetação.

A expressão do potencial de erosão de uma chuva refere-se à perda do solo por unidade de área completamente desprovida de cobertura e resíduos vegetais, mas sofrendo os mesmos tipos de operações culturais do solo cultivado.

Erosividade definida como o potencial da chuva em causar erosão é exclusivamente função das características da própria chuva entre as quais: quantidade, intensidade, diâmetro das gotas e velocidade terminal das gotas (Hudson, 1973).

Wischmeier & Smith (1958), concluíram que quando todos os outros factores são mantidos constantes, a perda do solo por unidade de área desprovida de vegetação é directamente proporcional à energia cinética total multiplicada pela sua intensidade máxima durante 30 minutos (EI30).

Elwell & Stocking (1982), expressam a perda do solo através da interação entre a energia cinética total (Et) e a erodibilidade do solo (K).

A distribuição dos índices de erosividade no espaço e no tempo, são usados como indicadores das variações de erosão potencial, permitindo conhecer as áreas e os meses de elevado potencial erosivo, de modo a se planificar o uso da terra e alocações de recursos para a sua conservação e protecção.

Para a determinação de Et e EI30 são necessários registos contínuos de precipitação, produzidos por pluviógrafos. Dados contínuos de precipitação, são escassos ou inexistentes, na maioria das regiões de interesse em Moçambique, pelo facto dos pluviógrafos serem caros e sua manutenção ser onerosa, além de as análises dos pluviogramas para fins de cálculos de energia cinética serem extremamente morosas e trabalhosas.

Em Moçambique existem somente vinte e sete (27) centros de observação equipados com pluviógrafos, dez dos quais estão nas capitais de Províncias e os restantes dezassete, distribuídos pelos Distritos, a maioria dos quais, estão inoperacionais ou foram destruídos.

Como forma de contornar problemas como estes, Wischmeier, 1959; Wischmeier e Smith, 1958, 1978; Hudson, 1973; Lal, 1976; Lombardi Neto, 1977; Carvalho et al., 1989, tentaram obter índices facilmente mensuráveis para representar a erosividade da chuva através de regressão entre os índices  $E_i$  e  $E_{I30}$  e as características de precipitação facilmente mensuráveis, como por exemplo: Precipitação total durante 24 horas, Precipitação total mensal, precipitação máxima mensal e números de dias de chuva mensal, estes últimos dados podem ser encontrados em qualquer região que tenha um centro de observação meteorológico.

Nem todos investigadores foram bem sucedidos nas suas pesquisas. Em Moçambique, Reddy e Mussage (1985) correlacionaram  $E_i$  calculada em função da intensidade maior ou igual a 10 mm/hr com a precipitação média anual para vários locais de Moçambique, obtiveram uma correlação não significativa.

Existem vários métodos para o cálculo de  $E_i$  (Kinnell, 1981; Wischmeier & Smith, 1958; Wagner & Massanbane, 1988; Hudson, 1963; Wilkinson, 1975), para a aplicabilidade destes métodos para as condições de Beira e Maputo, no presente estudo vai-se tentar correlacionar os vários métodos de cálculo de  $E_i$  e vai-se correlacionar os índices de erosividade  $E_i$  e  $E_{I30}$ , de Beira e Maputo, com as características de precipitação mensal de fácil medição, pois, assim tem-se em conta a variação sazonal da precipitação, a especificidade das características de cada local, dado que a amplitude de variação dos índices de erosividade mensais são maiores que a amplitude de variação anual.

### 1.1 OBJECTIVOS:

- Investigar o grau de Correlação entre a equação de cálculo de energia cinética de Kinnel (1981) com as de Wischmeier & Smith (1958), Wagner & Massambani (1988), Hudson (1963) e Wilkinson (1975).

- Determinar a distribuição média mensal dos índices de erosividade, para Beira e Maputo.

- Comparar o potencial erosivo médio de Beira e Maputo.

- Investigar o grau de correlação entre os índices de erosividade e as características de precipitação de fácil medição, e determinar as respectivas equações, para Beira e Maputo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Erosividade e erodibilidade do solo*

Devido ao processo de remoção e transporte de partículas do solo pela acção do vento e da água, nutrientes e matéria orgânica são continuamente removidos do solo, causando a deterioração das propriedades físicas e químicas do solo. Erosão é o maior agente da degradação do solo ao nível mundial (Dudal, 1982; Lal, 1980), afectando o normal crescimento das plantas/culturas durante o seu ciclo de crescimento, resultando na perda de produtividade agrícola, pondo em risco a segurança alimentar da população.

A maior parte das terras de Africa é considerada vulnerável à erosão dos solos devido a problemas ecológicos, agressividade do clima e à tendência dos solos perderem a fertilidade devido ao manejo (Stocking, 1973).

Estudos sobre erosão mostram que a perda de solo tem sido acelerada por factores climáticos e pela actividade do Homem (Pierce, 1991).

Erosão é função da erosividade da precipitação e da erodibilidade do solo. Entende-se por Erosividade da precipitação a habilidade potencial da chuva em causar erosão, e Erodibilidade do solo como a vulnerabilidade do solo à erosão (Hudson, 1981). Destas duas componentes da erosão, a erosividade apresenta-se como a que não pode ser controlada pelo Homem.



## *2.2 Processos e mecanismos de erosão*

A erosão do solo consiste em duas fases:

(1) A separação ou desagregação de partículas individuais do solo, e (2) o seu transporte pelos agentes: a água e o vento. Se não houver energia suficiente para prolongar o transporte das partículas pode ocorrer uma terceira fase, a deposição das partículas.

A precipitação, sobretudo a sua intensidade, quantidade e duração, é o agente mais importante da degradação do solo; pois, os pingos da chuva são capazes de desfazer os agregados e arremessar as partículas do solo a alguns centímetros acima da superfície do solo.

## *2.3 Efeitos da erosão*

No solo, a camada de maior relevância para a produtividade resume-se a uma espessura de 20 a 40 cm. É esta camada, justamente a que mais sofre a erosão. A formação do solo é muito lenta; a natureza necessita cerca de 300 à 1000 anos para a formação de aproximadamente 2,5 cm de espessura; assim quando se perdem 15 cm de solo, são destruídos 2 mil à 7 mil anos de trabalho da natureza! Com a perda do solo se perde a fertilidade e água (Schultz, 1987). Pois, as partículas minerais do solo, são removidas.

Experiências de Schultz (1987), no Brasil, demonstraram que a remoção de elementos nutritivos do solo pela erosão, é muitas vezes maior do que a retirada pelas plantas, o que constitui uma perda irreparável.

#### 2.4 Equações de cálculo dos Índices $E_i$ e $E_{I30}$

A energia para o transporte das partículas tem duas formas: Energia Potencial e Energia Cinética.

As gotas de chuva ao caírem, a energia potencial é convertida em energia cinética ( $E_i$ ) de movimento:

$$E_i = 0.5mv^2 \quad (1.b)$$

Onde:

$m$  = massa das gotas.

$v$  = velocidade das gotas.

A energia cinética associada à chuva, pode ser calculada directamente a partir da distribuição de tamanhos das gotas (DTG), os quais têm sido medidos através de diferentes métodos (Wiesner, 1895; Jones, 1959) e da velocidade terminal das gotas (VTG) que foi determinada por Gunn & Kinzer, (1949).

Por as determinações de DTG serem usualmente trabalhosas e demoradas, tem-se adoptado procedimentos a procura de relações empíricas que relacionam a energia a parâmetros definidos pela DTG e VTG, como a intensidade de precipitação e a precipitação total (Kinnell, 1973; Park et al., 1983).

Numerosos autores obtiveram essas relações a partir de diferentes medições da DTG, as quais foram caracterizadas por significativas variações (Mason & Andrews, 1960; Willis, 1964) e cuja utilização deve ser restrita às condições originais (Rogers et al., 1967; Stocking, 1978; Kinnell, 1973)

O interesse em estimar a energia cinética, reside no facto que a maior parte dos índices de erosividade testados, e em uso, combinam a energia cinética da chuva com alguns parâmetros que exprimem o poder erosivo da chuva (Foster et al., 1982).

Desenvolveram-se várias equações para o cálculo da energia cinética das ocorrências individuais de chuva, das quais se destacam as seguintes:

$$E1=0.29233(1-e^{-(0.04777I+0.112)}) \quad (\text{Kinnell, 1981}) \quad (1)$$

Onde  $E_i$  é energia cinética por unidade de altura de chuva em  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  e  $I$ , a intensidade de precipitação de 10 minutos, em  $\text{mm}/\text{hr}$ .

A Equação 1, foi obtida experimentalmente no Zimbabwe (clima tropical) e testada na Austrália sob condições climáticas diferentes.

$$E2=0.119+0.0873\log I \quad (\text{Wischmeier \& Smith, 1958}) \quad (2)$$

A Equação 2, foi obtida experimentalmente nos Estados Unidos da América (clima temperado). Lal, (1976) relata que esta relação empírica subestima a energia cinética das chuvas nas regiões tropicais, e que estas estariam relacionadas à velocidade dos ventos, à distribuição do tamanho das gotas e à elevada intensidade.

$$E3=0.155+0.0645\log I \quad (\text{Wagner \& Massambani, 1988}) \quad (3)$$

Equação 3, obtida experimentalmente no Brasil (clima tropical); nota-se que esta equação é similar à equação 2.

$$E4=0.2982-1.275/I \quad (\text{Hudson, 1963}) \quad (4)$$

Equação 4 foi obtida experimentalmente no Zimbabwe (clima tropical).

$$E_5 = 0.119 + 0.0873 \log I_{30} \quad (\text{Wilkinson, 1975}) \quad (5)$$

Equação 5, é uma modificação do método de Wischmeier e Smith, (1958), trabalhando com a intensidade máxima em trinta minutos.

Onde  $I_{30}$  é a intensidade máxima de precipitação durante 30 minutos, em mm/hr.

A energia cinética total ( $E_t$ ) é obtida somando as  $E_i$ .

O índice  $EI_{30}$  é obtido pelo produto de  $E_t$  e a sua intensidade máxima durante 30 minutos ( $EI_{30} = E_t \cdot I_{\max 30}$ ). Wischmeier & Smith, 1978, recomendam o uso do somatório de todos os  $EI_{30}$ 's no ano para representar o factor erosividade anual ( $R$ ), na equação Universal de perdas de terra (USLE).

### *2.5 Erosividade da precipitação*

Como já foi referenciado anteriormente, os índices  $E_t$  e  $EI_{30}$ , são largamente usados como índices de erosividade.

No capítulo 2.4, foi explicado como é obtido  $E_t$  e  $EI_{30}$  a partir de um pluviograma de ocorrências individuais de chuvas. Na prática, o número de estações que dispõem de pluviogáfos é muito reduzido, assim vários autores tentaram estabelecer correlações entre  $E_t$  e  $EI_{30}$  e as características de precipitação de fácil medição.

Lombardi Neto (1977) em São Paulo (Brasil) encontrou uma elevada correlação entre EI30 e o índice de Fournier modificado ( $Fm = P_{mes}^2/P$ ), onde  $P_{mes}$  é a precipitação média mensal e  $P$  é a precipitação média anual).

Lo, El-swaify, Dangler e Shinshiro (1983), no Hawai encontraram uma fraca correlação entre EI30 e a precipitação total diária e total mensal. Na aproximação do índice de erosividade EI30, o índice de Fournier modificado foi o melhor.

Altas correlações entre energia cinética e a quantidade de precipitação foram observadas também na Africa Ocidental, no Nordeste do Brasil, Zimbabwe, China, originando equações de regressão lineares que estimam a  $E_t$  e EI30.

A tabela 2.1 dá-nos os exemplos das equações para o cálculo de  $E_t$  obtidos através de regressão linear, por Stoking (1988), no Zimbabwe, Kowal e Kassam (1976), na Nigéria, Lal (1982), na Nigéria e Marx (1988), na China.

Tabela 2.1 Equações de Regressão entre  $E_t$  e Precipitação total mensal ( $P_{mes}$ .mm)

$E_t = 0.189P_{mes}$		Zimbabwe (áreas com clima agressivo), Stoking et. al. 1988
$E_t = 0.174P_{mes}$		Zimbabwe (áreas propensas à chuva), Stoking et.al. 1988
$E_t = -1.20 + 0.414P_{mes}$	$r = 0.99$	$n = 18$ ocorrências individuais, Kowal and Kassam, 1976
$E_t = 0.361P_{mes}$	$r = 0.99$	$n = 18$ ocorrências acumuladas, Kowal and Kassam, 1976
$E_t = 0.276 + 0.245P_{mes}$	$r = 0.81$	$n = ?$ ocorrência individual (?), Lal, 1982.
$E_t = 0.2003P_{mes}$	$r = 0.96$	$n = 20$ dados mensais de Jinxian, Marx, 1988

Onde:  $E_t$  é energia cinética total, em  $Mj.ha^{-1}$ ;

$P_{mes}$  é precipitação total mensal, em milímetros;

$r$  é o coeficiente de correlação;

$n$  é o número de observações

A tabela 2.2 dá-nos os exemplos de equações para o cálculo de EI30 obtidas pelos modelos a serem testados no presente estudo (modelos lineares, modelo de Furnier modificado, e Bols). O melhor método para o efeito depende da eficácia dos dados experimentais e das características específicas de cada local, pelo que não podem ser aplicados a todas as situações.

Tabela 2.2 Equações de regressão de EI30 e características de precipitação facilmente mensuráveis.

Equação	r	n	Local observado	Fonte
$EI30=0.612Pmes^{1.21}D^{-0.47}Pmax^{0.53}$	0.99	564	Indonésia	Bols, 1978
$EI30=0.28+.0042Pmes$	0.89	?	Java ocidental	Utomo & Mahmud, 1984
$EI30=(0.05-0.005)Pmes$	..	..	tropical	Roose, 1980
$EI30_m=7.278Fm^{0.807}$	0.97	20	Campinas (Brazil)	Pcreira, 1983
$EI30_m=111.173Fm^{0.691}$	0.99	20	Mococa (Brazil)	Lombardi Neto, 1988

Onde:

EI30 representam o produto da energia cinética total mensal pela sua intensidade máxima durante 30 minutos, o subscript. *m* refere-se a estimativa média mensal;

Pmes é a precipitação total mensal;

Fm é índice de Fournier modificado ( $Fm=Pmes^2/P$ ).

## 2.6 Modelos de perdas do solo

Os modelos, teoricamente são divididos em dois grandes grupos:

- 1- Modelos paramétricos (empíricos)
- 2- Modelos determinísticos (físicos)

Os modelos paramétricos são baseados nas correlações simples e hipotéticas das variáveis que afectam a erosão. Os parâmetros são geralmente determinados através da regressão. Estes modelos possuem uma estrutura simples e reflectem a correlação entre os factores, mas não o real processo de perda do solo.

Modelos determinísticos são baseados em equações matemáticas que descrevem os processos com base nas leis físicas. Estes modelos possuem uma estrutura que reflectem os processos físicos reais e suas interacções.

Destes dois tipos de modelos, teoricamente, o que melhor estimaria as perdas do solo seria determinada baseando-se em equações matemáticas, que reflectem os processos físicos e suas interacções. Estes modelos possuem uma estrutura complexa e exigem que se conheçam muitos parâmetros, razão pela qual é preterida, sendo mais utilizados os modelos paramétricos. Destes modelos, as equações mais utilizadas são as de USLE "Equação Universal de perda de solo" (Wischmeier & Smith, 1958) e SLEMSA "Modelo de estimativa de perda de solo para Africa Austral" (Elwell & Stocking, 1982):

- USLE (Wichmeier e Smith, 1978), modelo desenvolvido nos Estados Unidos da América, é resumida na equação seguinte:

$$A = R * K * L S * P * C$$

onde:

A= perda do solo, (ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)

R= capacidade erosiva da precipitação, (ton.ha<sup>-1</sup>.hr<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)

K= erodibilidade do solo (tipo do solo), (ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)

LS=factor ligado ao comprimento e o ângulo de inclinação do terreno.

C= factor que representa a influência relativa da cobertura vegetal e práticas culturais.

p= factor de redução da erosão através das técnicas de uso de terra.

## ESQUEMA ESTRUTURAL DE USLE

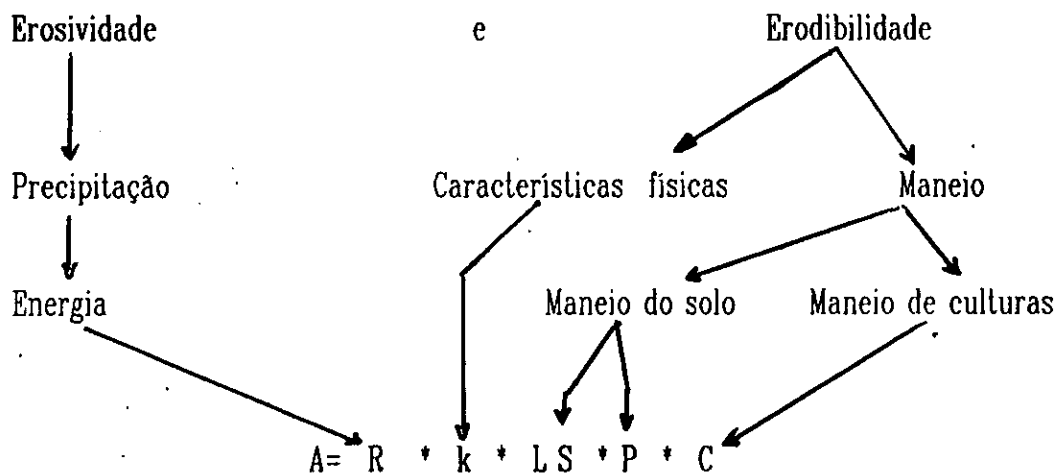


Figura 2.1 Estrutura de USLE, de Hudson, 1981

De acordo com Wischmeier & Smith (1978), a melhor maneira de estimar o factor R é somando os valores de EI30 anual. Outras aproximações foram desenvolvidas para estimar R, pelos métodos de Bols (1978), usando o índice de Fournier modificado (Arnoldus, 1980), método de Ateshian (1974) e através de relações lineares.

Os vários componentes do USLE, mudam sazonalmente, sobretudo os factores R e C. Estes são geralmente calculados na base de média anual. Entretanto, melhores estimativas destes factores, podem ser obtidas se forem tomados períodos de tempo relativamente curtos (p.e mês), para o cálculo destes factores.



- SLEMSA (Elwell e Stocking, 1982), modelo desenvolvido para África Austral, combina quatro factores que sumarizam o fenómeno erosão :

- (1) Precipitação;
- (2) Solo;
- (3) Vegetação;
- (4) Relevo.

Estes factores são descritos por cinco variáveis:

- Energia sazonal da precipitação;
- Erodibilidade do solo F;
- Intercepção da energia da precipitação pelas plantas i;
- Declive; e
- Comprimento do declive.

O modelo é resumido na equação seguinte:

$$Z = K * C * X$$

Onde:

Z= perda anual do solo, (ton.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>);

K= perda do solo médio numa parcela padrão de 30 m \* 10 m e inclinação de 4.5%.  
(ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)

C= factor que representa a influência relativa da cobertura vegetal.

X= razão entre a perda do solo na parcela de comprimento L sob inclinação S e a perda do solo na parcela padrão.

## ESTRUTURA DE SLEMSA

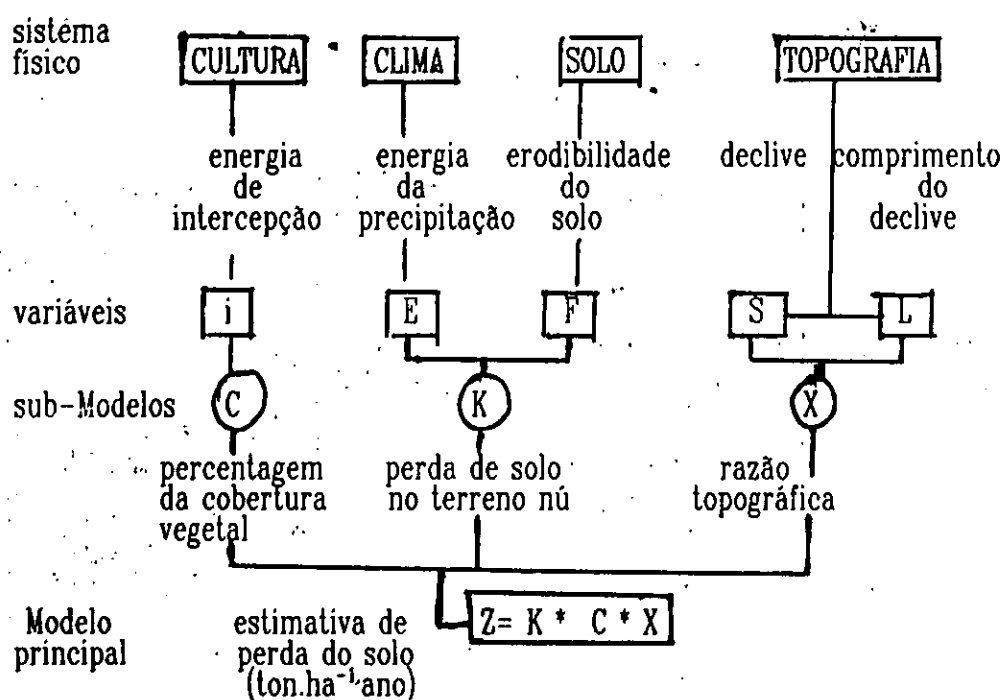


Figura 2.2 Estrutura de SLEMSA, de Elwell and Stocking, 1982

O factor *K* nesta equação é resultado da interação entre a força erosiva da precipitação e a erodibilidade do solo. Esta interação é avaliada na base anual através da seguinte equação:

$$K_{ann} = e^{((0.4681 + 0.7663F) \ln(E_{ann}) + 2.684 - 8.1209F)} \quad (\text{Elwell \& Stocking, 1982}) \quad (6)$$

Onde:

$K_{ann}$  é o factor *K* (ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)

*F* é a classe de erodibilidade do solo, varia de 1 (Extremamente erodível) à 10 (Extremamente resistente)

$E_{ann}$  é a energia da precipitação (J.m<sup>-2</sup>.ano<sup>-1</sup>)

Para adaptar estas equações para as condições de Moçambique tem que se determinar os valores apropriados para cada factor das equações em causa. Alguns autores usam a EI30 para representar a influência da precipitação na equação USLE, e os autores de SLEMSA, recomendam o uso da energia cinética total (*Et*), para o efeito.

## *2.7 Precipitação*

Precipitação é todo hidrometeoro constituído por partículas que se precipitam e alcançam o solo. Estas partículas se precipitam das nuvens quer em forma de gotas de água quer sob forma sólida (Retallack, 1977).

### *2.7.1 Formas de precipitação*

Existem várias formas de precipitação:

**Chuvisco:** consiste em uma precipitação bastante uniforme, composta unicamente de finas gotas de água bem próximas umas das outras, o diâmetro dos chuviscos é inferior a 0.5 mm. O chuvisco provém de nuvens stratiformes, cuja espessura não excede a algumas centenas de metros. Não alcança o solo, excepto quando as correntes ascendentes são fracas (Retallack, 1977).

**Chuva:** é formada por gotas de água de uma dimensão maior que as de chuviscos, ou seja, superiores a 0.5 mm de diâmetro. A precipitação de gotas menores, porém espessas, é classificada como chuva. As grandes gotas de chuva se formam em nuvens cumuliformes, resultando o máximo de intensidade (Retallack, 1977).

**Aguaceiros:** podem ser de chuva, neve ou de granizo. Caracterizam-se por começar e terminarem bruscamente (Retallack, 1977).

**Neve:** é a precipitação de cristais de gelo, geralmente inferiores a 1 mm (Retallack, 1977).

**Granizo:** é a precipitação de pequenas bolas ou pedaços de gelo. O seu diâmetro é da ordem de 5 a 50 mm e, as vezes, superiores (Retallack, 1977).

### 2.7.2 *Tipos de chuvas*

Chuvas de relevo ou orográficas: são chuvas provocadas pela elevação de vento húmido sobre uma montanha, ao elevar-se o vento vai encontrar temperaturas mais baixas, pelo que a humidade relativa aumenta, podendo-se atingir o ponto de saturação. Assim, o vapor de água condensa-se, formando nuvens e pode chover.

Chuvas de convecção: quando junto ao solo a temperatura é elevada, o ar aquecido, tem a tendência a subir. Ao subir, a temperatura diminui, a humidade relativa aumenta, atingindo-se o ponto de saturação, o vapor de água condensa-se, formam-se nuvens e chove.

Chuvas convergentes: resulta do encontro de massas de ar idênticas. Desse encontro resulta a ascensão do ar e conseqüente aumento da humidade relativa, atinge-se o ponto de saturação, o vapor de água condensa-se, forma-se nuvens e chove.

Chuvas frontais: resultam de encontros de duas massas de ar (uma quente e outra fria).

### 2.7.3 *Variação espacial da precipitação*

Não é somente o total de precipitação anual que influi sobre a erosão, mas também o tipo de chuva. A intensidade das chuvas e aguaceiros, geralmente elevadas, nos climas tropicais causam efeitos mais prejudiciais que nos climas temperados. As áreas mais sujeitas à erosão causada pela chuva são as latitudes 40° Norte e 40° Sul. Existem algumas excepções, nas latitudes temperadas, áreas com declives acentuados e solos vulneráveis, são afectadas severamente pela erosão (figura 2.3). Em geral, erosão causada pela chuva é severa onde a precipitação não é tão baixa nem tão alta (Langbein e Schumm, 1958).

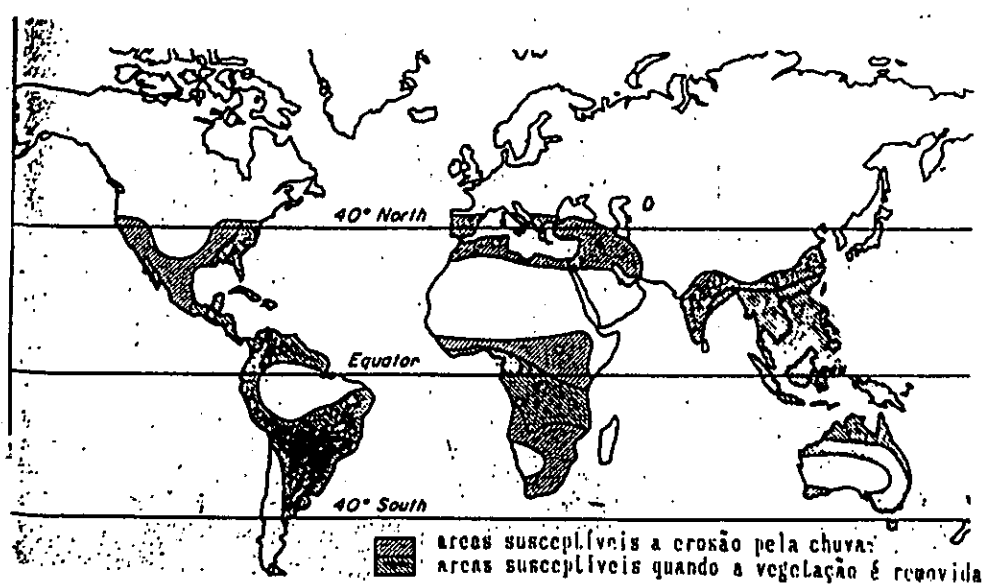


Figura 2.3 Mapa geral da distribuição geográfica da erosão causada pela chuva.

#### 2.7.4 *Variação sazonal da precipitação*

A variação sazonal da precipitação pode estar relacionada às diferenças sazonais de aquecimento da atmosfera. Nos climas tropicais, os continentes tendem a ter uma concentração de precipitação nos meses mais quentes. Na estação quente o ar é mais húmido e menos estável, podendo haver a tendência de uma circulação de monção, provocando chuvas nestes períodos.

## 2.8 Variação espacial da erosão

O grau de erosão varia com o tempo e no espaço, a produção de sedimentos devido à erosão resulta de eventos climáticos individuais sobre um local e depende da topografia do terreno, tipo do solo e uso da terra, estes factores causam uma variação regional da erosão.

Em regiões com baixa pluviosidade (total anual inferiores a 250 mm) a erosão causada pela chuva é menor. No outro extremo, as regiões com precipitação total anual superiores a 1000 mm, estas regiões apresentam uma vegetação densa, actuando como protetora do solo, reduzindo a acção erosiva da água da chuva. As regiões afectadas severamente pela erosão são as que apresentam uma precipitação anual intermédia.

Langbein e Schumm (1958) observaram que a erosão atinge o máximo em áreas onde a precipitação efectiva média anual<sup>1</sup> é de 300 mm (figura 2.4).

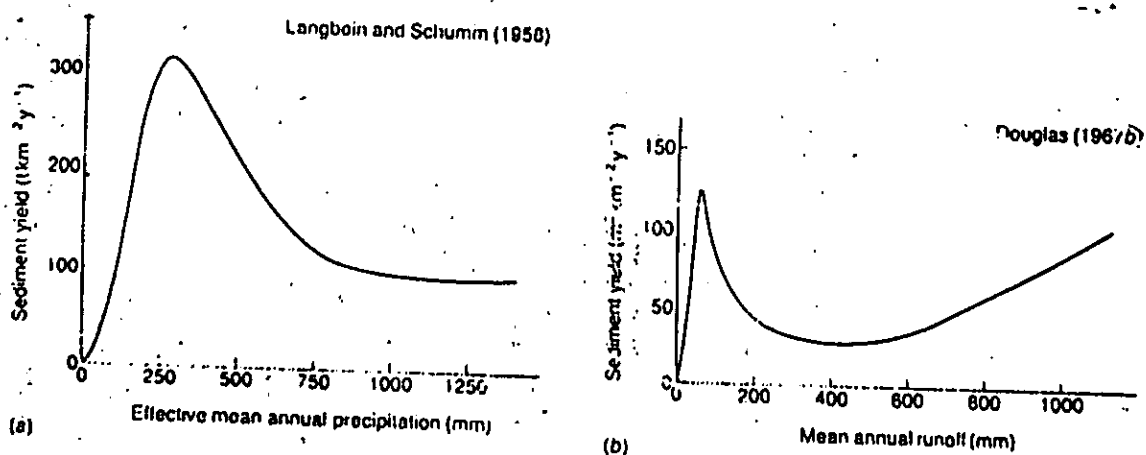


Figura 2.4 Relação entre perda de solo e a) Precipitação média anual efectiva. b) *Run off* médio anual.

<sup>1</sup>Precipitação requerida para produzir o escoamento superficial sob condições específicas de temperatura (Morgan, 1988)

### 2.9 *Variação temporal da erosão*

Roose (1967), no Senegal observou entre 1959 a 1963 que 68% das perdas do solo têm lugar nas tempestades de precipitação de 15 mm até 60 mm por hora.

Lal (1976) observou na Nigéria que a metade de perda do solo anual ocorre entre duas a sete tempestades.

Hudson (1981), no Zimbabwe observou que 50% da perda anual do solo ocorrem somente em duas tempestades ao longo do ano e 75% dessa perda ocorre em 10 minutos.

Portanto, a variação da erosão está associada à frequência e a magnitude duma tempestade de precipitação e varia sazonalmente. Isto é melhor ilustrado com referencia ao regime de precipitação na estação seca e estação húmida (figura 2.5), o período mais vulnerável à erosão é o início da estação húmida onde a precipitação pode ser elevada, enquanto que a vegetação ainda não cresceu o suficiente para proteger o solo.

Em regiões tropicais húmidas, com agricultura, o período entre uma colheita e o estabelecimento duma segunda cultura, pode ser crítico. Pois, a distribuição das chuvas, afectará tanto mais a erosão quanto mais coincide com período de menor protecção do solo.

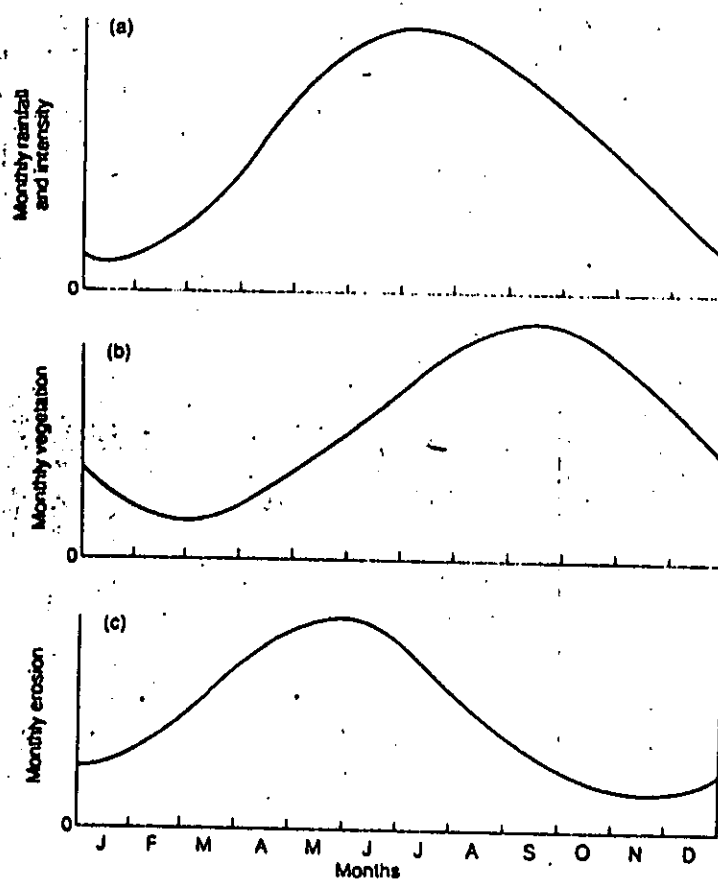


Figura 2.5 Ciclo sazonal da precipitação, cobertura vegetal e erosão nos climas semi-húmidos (segundo Kirkby, 1980).



### 3. *Estudos efectuados em Moçambique*

Reddy e Mussage (1985) realizaram um estudo para a determinação do grau de variação da capacidade erosiva (R) calculado segundo o modelo de Wischmeier & Smith (1958), associada com a quantidade e intensidade da precipitação em diferentes regiões de Moçambique; eles encontraram uma fraca correlação entre energia cinética total média (Et) calculada em função da intensidade da precipitação maior ou igual a  $10 \text{ mm.hr}^{-1}$  com a precipitação total média anual (P) em milímetros, para treze locais distribuídos pelo País (tabela 3.1), o ajustamento linear apresenta a equação seguinte:  $Et = 5459 - 1.0 \cdot P$ ,  $r = -0.1$ , ( $\text{J.m}^{-2}$ ). Este estudo serviu de base para o "Soil erosion hazard mapping of the SADCC region".

Esta correlação pobre está provavelmente associada às estações individuais que apresentam alta especificidade de localização em termos de ocorrência de tempestades intensivas (Reddy e Mussage, 1985), e talvez pelo facto de terem usado precipitação total média anual ao invés de precipitação total mensal, como forma de ter em consideração a variação sazonal desta.

A variação média de Et para todos os períodos indica uma relação mais clara; o ajustamento linear apresenta a equação seguinte:  $Et = 5450 + 17.0 \cdot P$  ( $\text{J.m}^{-2}$ ), com  $r = 0.87$ , ligeiramente alto, enquanto que EI30 e P, apresentam um ajustamento linear representada pela equação seguinte:  $EI30 = -53 + 2.4 \cdot P$  ( $\text{J.mm.m}^{-2}.\text{hr}^{-1}$ ), com  $r = 0.64$ .

Tabela 3.1 Lista das treze estações meteorológicas

Estações	Provincia
1. Mazeminhana	Maputo
2. Ricatla	Maputo
3. Nampula	Nampula
4. Namapa	Nampula
5. Nametil	Nampula
6. Ribaué	Nampula
7. Mutuali	Niassa
8. Nhacoonga	Inhambane
9. Mocuba	Zambézia
10. Manhiquenique	Gaza
11. Chokwé	Gaza
12. Messambuzi	Manica
13. Sussundenga	Manica

## 4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1. Localização

O centro observatório da Beira localiza-se na Latitude 19°50' Sul, Longitude 34° 51' W, e Altitude de 7 metros acima do nível médio de mar; e o centro observatório de Maputo localiza-se na Latitude 25°53' Sul, Longitude 32° 36' W, e Altitude de 60 metros acima do nível médio do mar.

### 4.2. Clima

#### - Beira:

A precipitação média anual é de 1493 mm e a temperatura média anual é de 24.6°C (FAO, 1984)

O clima é tropical húmido. A temperatura média do mês mais frio (Julho) é igual a 20.5°C e do mês mais quente (Janeiro) é 27.5°C; A precipitação média do mês mais seco (Setembro) é igual a 23 mm e do mês mais chuvoso (Janeiro) é igual a 275 mm. A estação húmida inicia no mês de Novembro e termina no mês de Abril (138 dias). (FAO, 1984)

#### - Maputo:

A precipitação média anual é de 767 mm e a temperatura média anual é de 22.8°C (FAO, 1984).

O clima é tropical seco. A temperatura média do mês mais frio (Julho) é igual a 19.2°C e a do mês mais quente (Janeiro) é igual a 25.8°C; A precipitação média do mês mais seco (Agosto) é igual a 12 mm e do mês mais chuvoso (Fevereiro) é igual a 137 mm. A estação húmida inicia no mês de Novembro e termina no mês de Abril (167 dias). (FAO, 1984).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado com dados pluviográficos dos centros de observação do Instituto Nacional de Meteorologia (INAM) da Beira e Maputo, colectados entre Janeiro de 1986 a Dezembro de 1994 para Beira e Janeiro de 1984 a Dezembro de 1993, para Maputo.

O pluviógrafo utilizado regista incrementos sucessivos de chuva, assim como a quantidade total acumulada, possui autonomia para registar chuvas ocorridas num intervalo de 24 horas (das 9 às 9 horas do dia seguinte).

A partir dos pluviogramas, foram feitas leituras da quantidade de precipitação, com régua em intervalos de 10 minutos para cada ocorrência de precipitação.

Os dados obtidos foram digitalizados e posteriormente analisados em computador, através do programa Intensit2.Pas desenvolvido para o efeito em linguagem Turbo Pascal (anexo 1) e Lotus 123.

Para a caracterização dos índices de erosividade das ocorrências das chuvas individuais para todos os períodos, foram calculadas a energia cinética para cada ocorrência de precipitação, através de cinco equações diferentes discutidas no capítulo 2.4:

$$E1=0.29233(1-e^{-(0.04771+0.112)}) \quad (\text{kinnell, 1981})$$

$$E2=0.119+0.0873\log I \quad (\text{Wischmeier \& Smith, 1958})$$

$$E3=0.155+0.0645\log I \quad (\text{Wagner \& Massambani, 1988})$$

$$E4=0.2982-1.275/I \quad (\text{Hudson, 1963})$$

$$E5=0.119+0.0873\log I30 \quad (\text{Wilkinson, 1975})$$

Onde  $E_i$  é a energia cinética por unidade de altura de chuva em  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ,  $I$  é a intensidade de precipitação por cada 10 minutos da ocorrência em  $\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$  e  $I_{30}$  é a intensidade máxima de precipitação durante 30 minutos, em  $\text{mm}\cdot\text{hr}^{-1}$ .

Para intensidade igual ou superior a  $76 \text{ mm}\cdot\text{hr}^{-1}$  foi imposto um valor constante de energia cinética igual a  $0.283 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , para as equação 2 e  $0.236 \text{ MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$  para a equação 3 (Wischmeier & Smith, 1978); multiplicou-se a energia cinética ( $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) de cada 10 minutos de cada ocorrência, pela respectiva quantidade de chuva em milímetros (mm), obtendo-se energia cinética total ( $E_t$ ) em  $\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Os índices  $E_{I30}$  em  $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$  de cada ocorrência de chuva foram obtidos multiplicando-se  $E_t$  pela sua intensidade máxima durante 30 minutos ( $E_{I30} = E_t \cdot I_{30}$ ).

As características obtidas das chuvas individuais foram somadas na base mensal obtendo-se para cada mês: número de dias de chuva (D), precipitação máxima durante 24 horas ( $P_{\text{max}}$ ), precipitação total mensal ( $P_{\text{mes}}$ ), energia cinética total ( $E_t$ ),  $E_{t1}$ ,  $E_{t2}$ ,  $E_{t3}$ ,  $E_{t4}$ ,  $E_{t5}$ , e o coeficiente de Fournier modificado ( $P_{\text{mes}}^2/P$ ).

A distribuição média mensal de  $E_t$  e  $E_{I30}$  foi obtida fazendo-se a média de  $P_{\text{mes}}$ ,  $E_t$  e  $E_{I30}$  para todos os meses dos anos em estudo, de 1986-94 para Beira e 1984-93, para Maputo.

Fez-se a análise de correlação entre as diferentes equações de cálculo de energia cinética para todos os meses do ano, e a análise de correlação e regressão para cada mês do ano, de  $E_{t1}$  calculado pela equação de Kinnell (1981),  $E_{I30}$  e  $P_{\text{mes}}^2/P$ , com  $P_{\text{mes}}$ ,  $P_{\text{max}}$  e D, para ajustar estes parâmetros, a uma equação de regressão.

Os modelos testados na regressão para estimar  $E_t$  foram os seguintes:

1. Modelos lineares:

i.  $E_{t_i} = a + bP_{mes}$

ii.  $E_{t_i} = a + bP_{max}$

iii.  $E_{t_i} = a + bD$

Onde:

$E_{t_i}$  é a energia cinética total estimada do mês  $i$  ( $Mj.ha^{-1}$ );

$a, b$  são constantes empíricas do local;

$P_{mes}$  é Precipitação total do mês  $i$  (mm);

$P_{max}$  é a precipitação máxima durante 24 horas do mês  $i$  (mm);

$D$  número de dias de chuva no mês  $i$

Para estimar  $EI_{30}$  foram utilizados :

1. Modelos lineares:

i.  $EI_{30_i} = a + bP_{mes}$

ii.  $EI_{30_i} = a + bP_{max}$

iii.  $EI_{30_i} = a + bD$

Onde:

$EI_{30_i}$  é o índice de erosividade estimado do mês  $i$  ( $MJ.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ );

$a, b$  são constantes empíricas do local;

$P_{mes}$  é Precipitação total do mês  $i$  (mm);

$P_{max}$  é a precipitação máxima durante 24 horas do mês  $i$  (mm)

## 2. Modelo de Fournier modificado (Arnoldus, 1980):

i.  $F_m = P_{mes}^2 / P$

ii.  $EI_{30}_j = a + bF_m$

Onde:

$F_m$  é o índice de Fournier modificado;

$EI_{30}_j$  é o índice de erosividade estimado do mês  $j$   
( $MJ.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ );

$a, b$  são constantes empíricas do local;

$P_{mes}$  é Precipitação total do mês  $j$  (mm);

$P$  é a precipitação média anual (mm);

## 2. Modelo de Bols (1978):

i.  $EI_{30}_j = aP_{mes}^b P_{max}^c D^d$

ii.  $EI_{30}_j = P_{mes}^b$

Onde:

$EI_{30}_j$  é o índice de erosividade estimado do mês  $j$   
( $MJ.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ );

$a, b, c, d$  são constantes empíricas do local;

$P_{mes}$  é Precipitação total do mês  $j$  (mm);

$P_{max}$  é a precipitação máxima durante 24 horas do mês  $j$  (mm);

$D$  é o número de dias de chuva do mês  $j$

## 3. Power:

i.  $EI_{30}_j = aF_m^b$

Onde:

$F_m$  é o índice de Fournier modificado;

$EI_{30}_j$  é o índice de erosividade estimado do mês  $j$  ( $MJ.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ );

$a, b$  são constantes empíricas do local.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 6.1 Precipitação total anual

A tabela 6.1 mostra a distribuição da precipitação total anual dos anos em estudo.

Tabela 6.1. Precipitação total anual da Beira e Maputo

Ano/Local	Precipitação (mm)	
	Beira	Maputo
1984	...	1073.6
1985	...	797.0
1986	1330.4	451.71
1987	625.7	529.3
1988	1479.0	618.8
1989	1000.4	666.6
1990	1843.1	857.2
1991	784.6	435.4
1992	653.4	527.0
1993	438.2'	666.2
1994	274.0''	-

\* Leituras efectuadas de Junho à Dezembro  
 \*\* Leituras efectuadas de Janeiro à Junho

Em termos geral a região de Beira possui o total anual de precipitação maior que Maputo, nos anos em estudo. Esta diferença deve-se ao facto de a região Sul a precipitação ser erática. Pois, na zona Sul de Moçambique a ocorrência das chuvas é influenciada pelos factores locais (frentes frias, baixas pressões, sistema de anticiclones) enquanto que a região Centro e Norte são influenciadas pela zona de convergência intertropical (Z.C.I.T), que com os seus distúrbios presentes produzem um clima mais húmido entre os trópicos, com tendência da precipitação anual diminuir a partir do equador em direcção aos polos em cada hemisfério.



## 6.2. DISTRIBUIÇÃO MÉDIA MENSAL DOS ÍNDICES DE EROSIVIDADE

### 6.2.1 BEIRA

A tabela 6.2 mostra a distribuição média mensal de número de dias de chuva, Precipitação, precipitação máxima, energia cinética total e energia cinética total multiplicada pela sua intensidade máxima durante 30 minutos, da região de Beira.

Estes dados mostram que 86 % do índice Et médio anual, e 94 % do índice EI30 médio mensal, ocorrem durante os meses de Novembro a Abril (tabela 6.2), e que em relação a precipitação, corresponde a 82 % da quantidade média anual de chuva.

Portanto, são esperadas grande parte das perdas de solo, entre os meses de Novembro à Abril.

Tabela 6.2 Distribuição média mensal de Pmes, Pmax, D, Et e EI30 da Beira, no período de 1986 a 1994.

Mês	no dias	Pmes	Pmax	Et	%	EI30	%
Jan	12	164	68	32.6	17	1378	20
Fev	14	187	62	34.3	18	880	13
Mar	12	210	101	44.3	23	2074	30
Abr	9	128	54	24.9	13	942	14
Mai	7	68	20	11.1	6	232	3
Jun	5	27	14	3.9	2	45	1
Jul	4	11	7	1.3	1	10	0.2
Ago	3	23	13	3.2	1	35	0.5
Set	4	14	8	1.9	1	17	0.3
Out	6	40	18	5.3	3	92	1
Nov	5	51	29	9.1	5	460	7
Dez	9	113	50	20.6	10	736	10
TOTAL		1036	443	192.6		6903	

Onde: Pmes é Precipitação média total mensal (mm); Pmax, precipitação máxima média durante 24 h mensal (mm); Et, energia cinética média mensal ( $MJ \cdot ha^{-1}$ ) e EI30, produto de energia cinética total média mensal pela sua intensidade máxima durante 30 minutos ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot hr^{-1}$ ).

As Figuras 6.6, 6.7 e 6.8 representam a distribuição dos valores médios mensais de Pmes, do índice Et e EI30 de Beira, para o períodos 1986-94; estas evidenciam a existência de uma harmonia entre a distribuição da Et e de Pmes, para todos os Meses. A distribuição dos valores médios mensais de EI30 evidência uma harmonia com a distribuição de Pmes entre os meses de Março a Dezembro, não havendo harmonia no mês de Fevereiro.

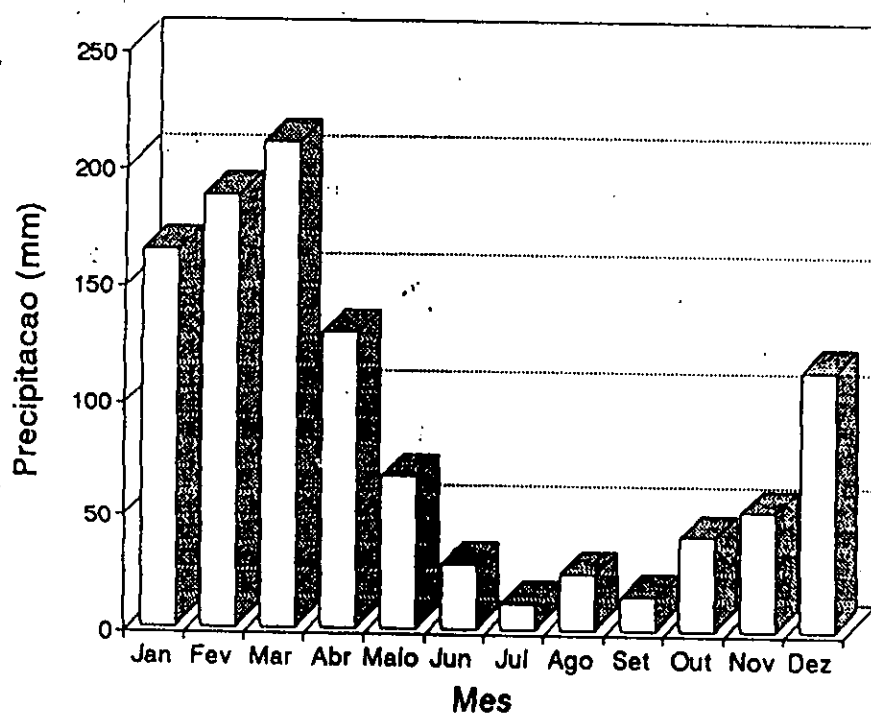


Figura 6.1 Distribuição dos valores médios de Precipitação de Beira, de 1986 à 1994.

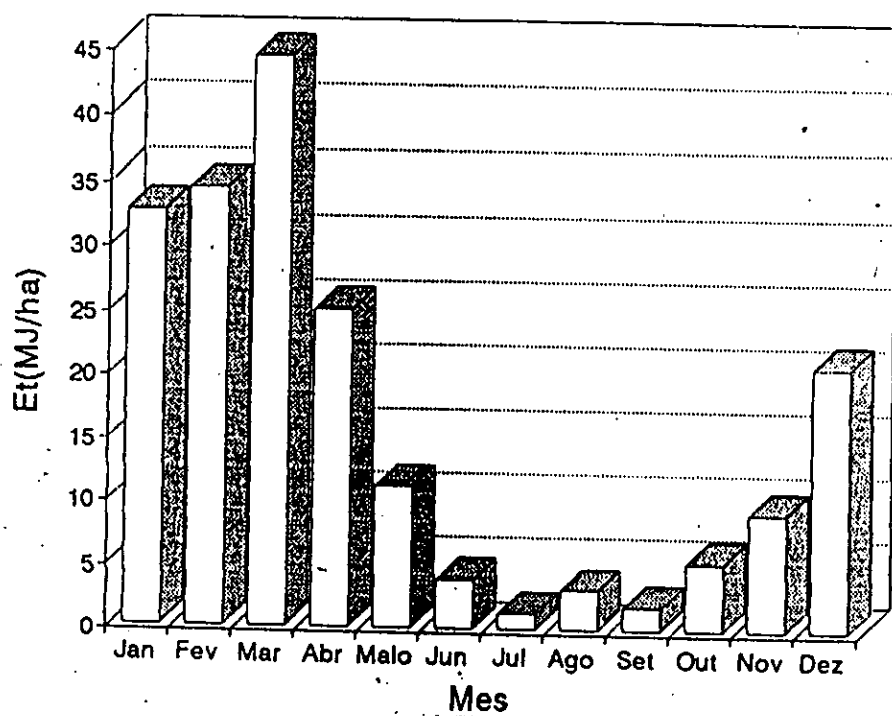


Figura 6.2 Distribuição dos valores médios de energia cinética total de Beira, de 1986 a 1994.

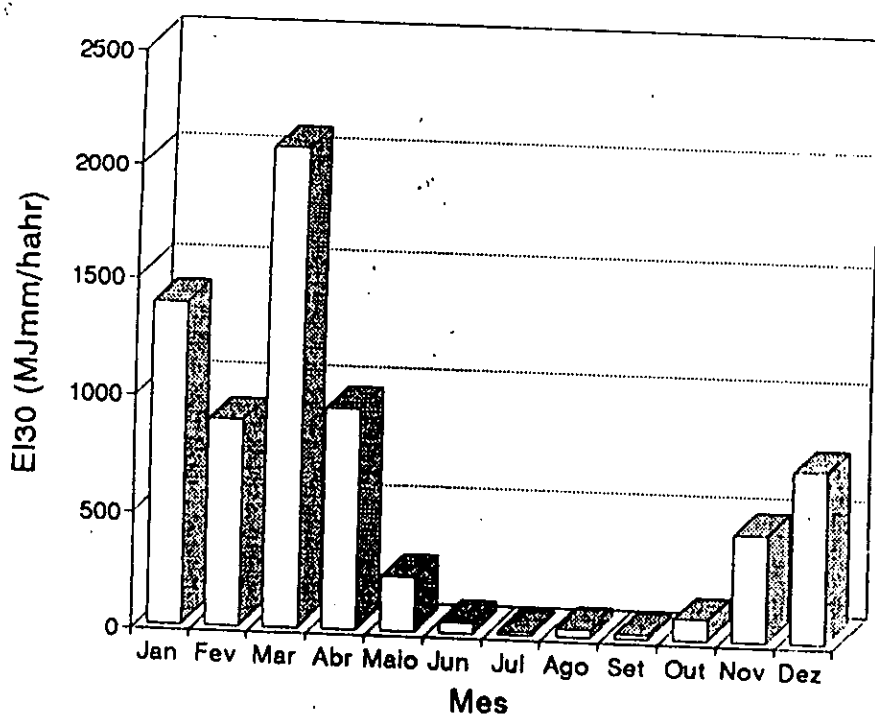


Figura 6.3 Distribuição dos valores médios de EI30 de Beira, de 1986 a 1994.

## 6.2.2 MAPUTO

A tabela 6.3 mostra a distribuição média mensal de número de dias de chuva, Precipitação, precipitação máxima, energia cinética total e energia cinética total multiplicada pela sua intensidade máxima durante 30 minutos.

Estes dados mostram que 93 % do índice Et médio anual, e 97 % do índice EI30 médio mensal, ocorrem durante os meses de Setembro a Março (tabela 6.3), que em relação a precipitação, corresponde a 85 % da quantidade média anual de chuva.

Potanto, são esperadas grande parte das perdas de solo, entre os meses de Setembro a Março.

Tabela 6.3 Distribuição média mensal de Pmes, Pmax, D, Et e EI30 de Maputo, no período de 1984 a 1993.

Mês	no dias	Pmes	Pmax	Et	%	EI30	%
Jan	10	115	53	20.0	16	749	17
Fev	10	108	51	19.5	16	808	19
Mar	9	114	44	17.3	14	734	17
Abr	6	31	18	4.6	4	151	4
Mai	3	12	11	1.4	1	11	0.2
Jun	3	17	8	1.36	1	11	0.2
Jul	5	30	14	3.2	3	64	2
Ago	5	14	13	2.1	2	30	0.6
Sel	8	23	25	8.3	7	185	4
Out	9	50	38	13.25	11	390	9
Nov	10	63	44	17.2	14	588	14
Dez	10	102	36	13.2	11	553	13
TOTAL		679	355	121.3		4274	

Onde: Pmes é Precipitação total média mensal (mm); Pmax, precipitação máxima durante 24 h média mensal (mm); Et, energia cinética média mensal ( $Mj.ha^{-1}$ ) e EI30, produto de energia cinética total média mensal pela sua intensidade máxima durante 30 minutos ( $Mj.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ ).

As Figuras 6.4, 6.5 e 6.6 representam a distribuição dos valores médios mensais da precipitação do índice Et e EI30 de Maputo, para o períodos 1984-93. Estes evidenciam a existência de uma harmonia entre a distribuição de Et e Pmes, entre os meses de Janeiro a Agosto, não havendo harmonia entre os meses de Setembro à Dezembro.

A distribuição dos valores médios mensais de EI30 evidenciam uma harmonia com a distribuição de Pmes entre os meses Janeiro a Outubro, não havendo harmonia no mês de Dezembro.

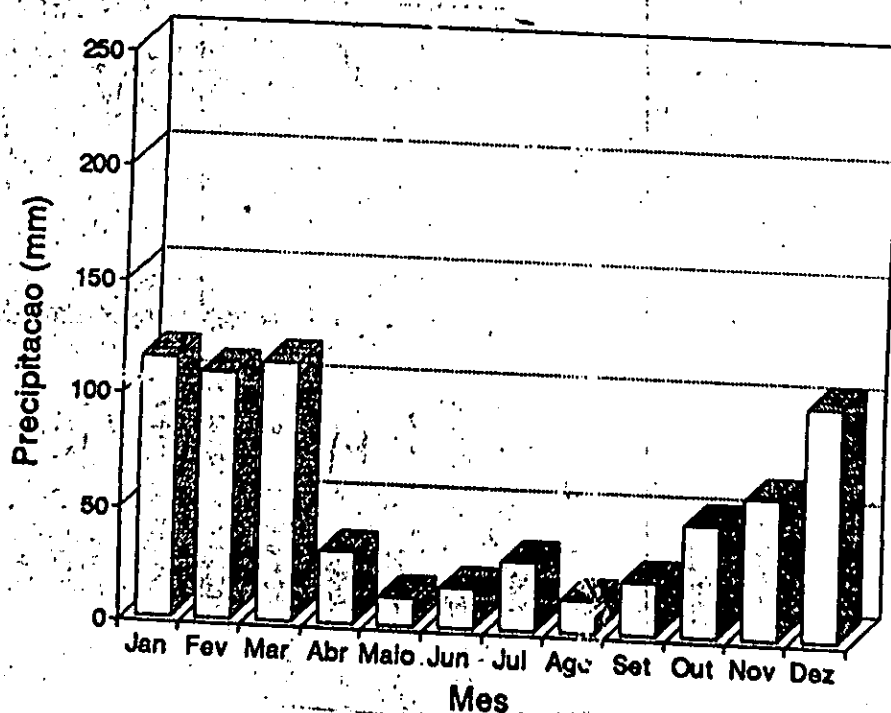


Figura 6.4 Distribuição dos valores médios de Precipitação de Maputo, de 1984 a 1993.

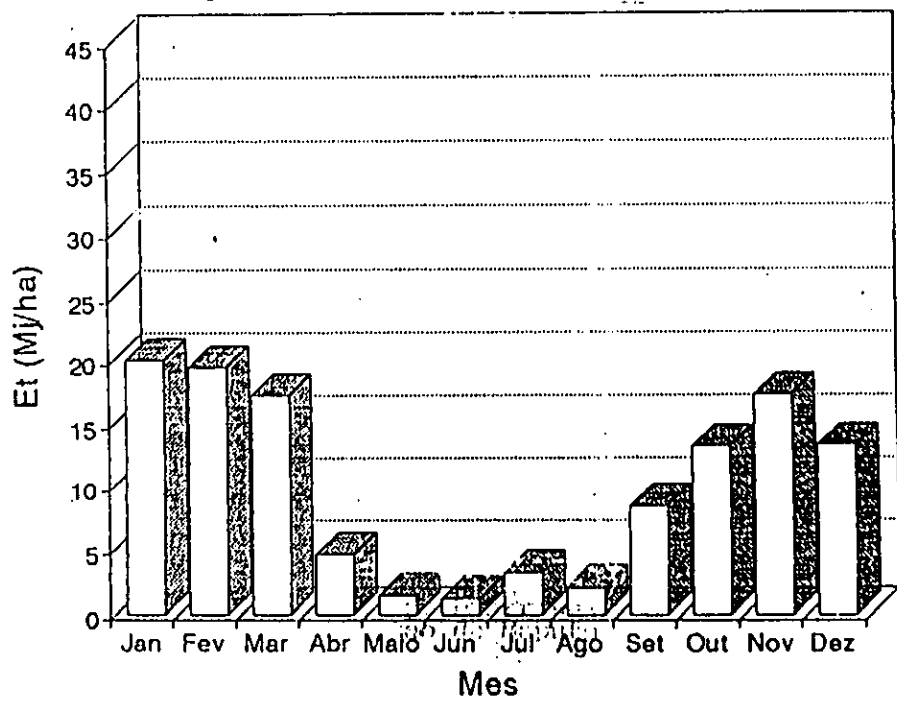


Figura 6.5 Distribuição dos valores médios de energia cinética total de Maputo, de 1984 a 1993.

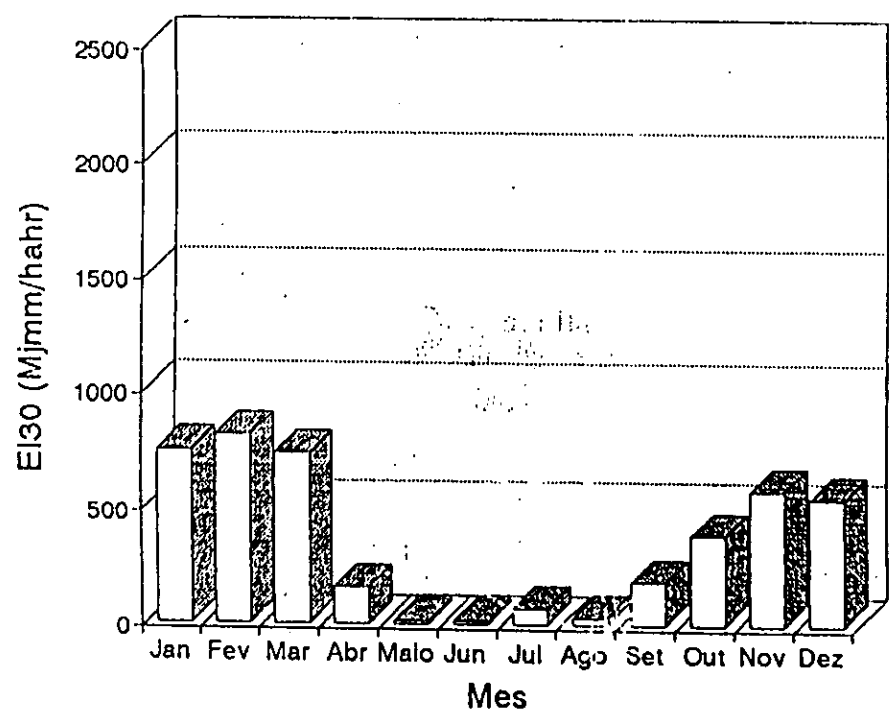


Figura 6.6 Distribuição do valores médios de E130 de Maputo, de 1984 a 1993.

Em termos relativos, o potencial de perdas de solo na Beira é maior que o de Maputo entre os meses de Dezembro à Junho (tabelas 6.2 e 6.3).

### 6.3 CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES DE EROSIVIDADE DE PRECIPITAÇÃO

#### 6.3.1 *Correlação entre equações de energia cinética de ocorrências individuais de precipitação*

A tabela 6.4 mostra os coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a equação 1 (Kinnell, 1981) e as 4 restantes mencionadas no capítulo 2.4, de Beira e Maputo.

A equação 4 (Hudson, 1963) é a que apresentou o maior coeficiente de correlação tanto para Beira como para Maputo sendo respectivamente  $r=0.999$  e  $r=0.998$ . (figura 6.4) Os altos coeficientes de correlação observados entre as equações 1 e 4, deve se talvez ao facto destas duas equações serem originária do mesmo local e mesmas condições climáticas (Zimbabwe).

A relação entre a equação 1 e 4, mostra que os coeficientes empíricos locais  $a$  tanto de Beira como de Maputo estão próximo de zero e  $b$  está próximo de um.

Tabela 6.4 Coeficientes de correlação ( $r$ ) entre E2, E3, E4, E5 e E1, para Beira e Maputo.

	Local					
	Beira			Maputo		
	a	b	r	a	b	r
E2xE1	1.5	1.13	0.996	1.38	1.19	0.995
E3xE1	1.43	0.96	0.995	1.33	1.02	0.994
E4xE1	0.02	1.04	0.999	0.48	1.03	0.998
E5xE1	0.96	1.16	0.996	1.15	1.26	0.996

Onde  $a$  e  $b$  são os coeficientes lineares das equações.

O alto grau de correlação entre E1 e as outras equações, sugere, que se pode usar qualquer uma delas para o cálculos de E1. Wagner & Massambani (1988), já haviam observado esse pormenor, para as condições de Brasil (no Estado de São Paulo), comparando a equação (2) e a (3).

Desta forma, tanto faz usar uma ou outra equação para o cálculo de E1, para os locais de Beira e Maputo. No presente estudo, para o cálculo de E1 opta-se pela equação 1 (Kinnell, 1981), equação obtida baseando-se nos dados do vizinho Zimbabwe.

As figuras 6.7, 6.8, 6.9 e 6.10 mostram gráficamente a relação entre a energia cinética calculada pela equação 1 e as restantes quatro equações.

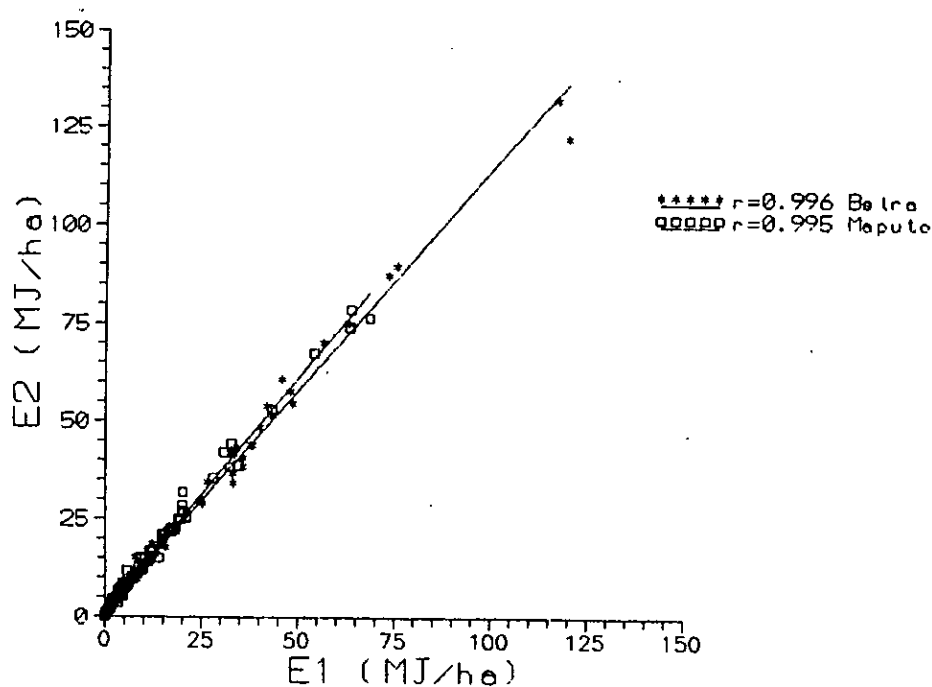


Figura 6.7 Correlação entre E2 e E1



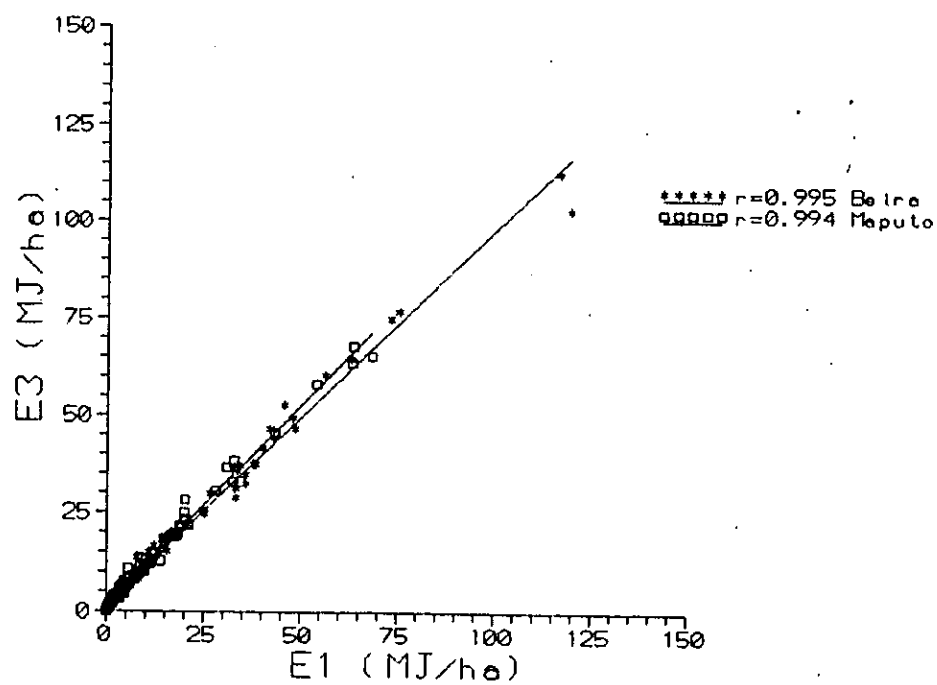


Figura 6.8 Correlação entre E3 e E1.

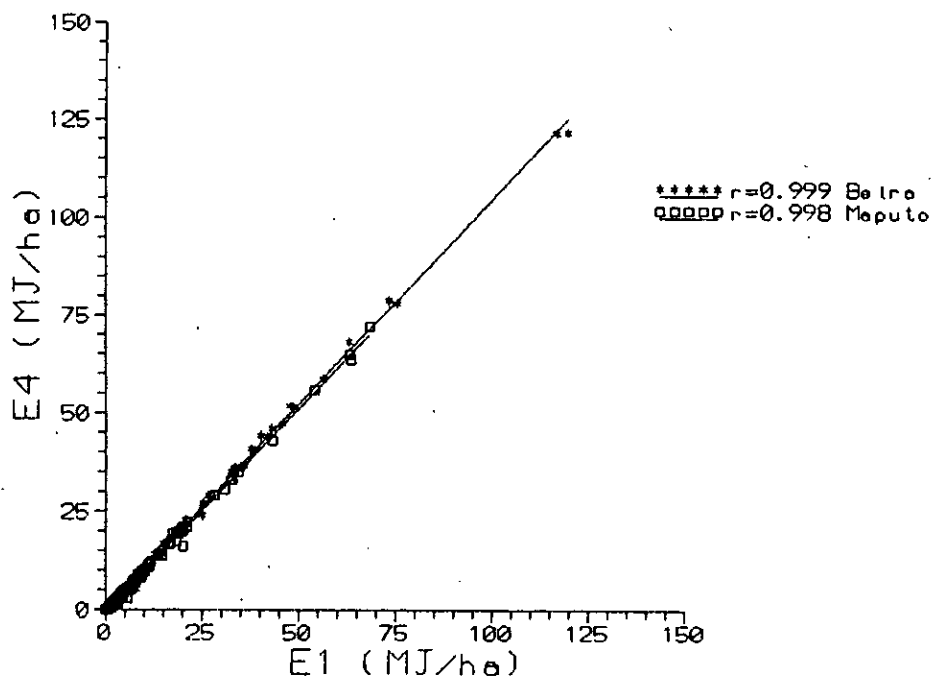


Figura 6.9 Correlação entre E4 e E1.

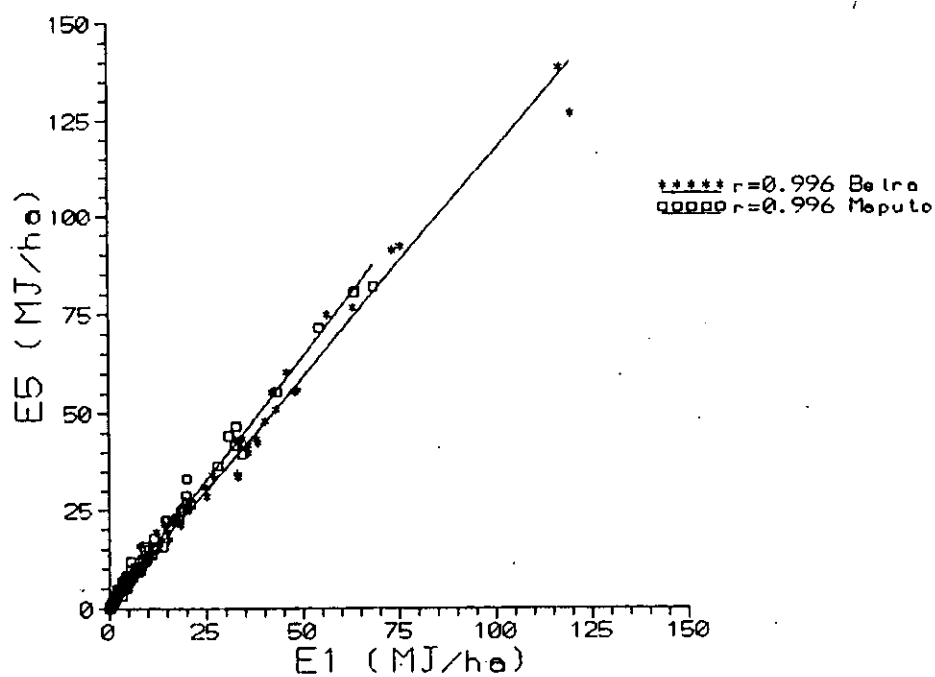


Figura 6.10 Correlação entre E5 e E1.

### 6.3.2 Correlação entre $E_t$ e $P_{mes}$ , $P_{max}$ e $D$

A tabela 6.5 apresenta as equações de regressão obtidas pela relação entre  $E_t$  e  $P_{mes}$ ,  $P_{max}$  e  $D$ , para Beira e Maputo.

Esta mostra que na correlação entre  $E_t$  e as variáveis de fácil medição, a  $P_{mes}$  é que apresenta o maior coeficiente de correlação, tanto para Beira como para Maputo, sendo para Beira,  $r=0.985$  e para Maputo,  $r=0.983$ .

Tabela 6.5 Equações de regressão obtidas pela relação entre Et e Pmes, Pmax e D, coeficiente de correlação (r), coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), número de observações (n).

Equações de regressão	coeficientes	Local	
		Beira	Maputo
Et = a + b.Pmes	a	-1.972	-1.864
	b	0.209	0.187
	r	0.985	0.983
	R <sup>2</sup>	0.969	0.967
	n	98	120
Et = b.Pmes	b	0.2	0.174
	r	0.985	0.983
	R <sup>2</sup>	0.965	0.956
	n	98	120
Et = a + b.Pmax	a	1.986	0.772
	b	0.38	0.366
	r	0.916	0.946
	R <sup>2</sup>	0.836	0.894
	n	98	120
Et = b.Pmax	b	0.397	0.354
	r	0.916	0.946
	R <sup>2</sup>	0.86	0.893
	n	98	120
Et = a + b.D	a	-6.678	-3.226
	b	2.984	1.770
	r	0.653	0.576
	R <sup>2</sup>	0.0421	0.281
	n	98	120

Onde: Et é a energia cinética total mensal em MJ.ha<sup>-1</sup>.  
a e b são os coeficientes empíricos locais.

As figuras 6.11, 6.12 e 6.13 mostram graficamente a relação entre Et e as características de precipitação facilmente mensuráveis.

Os altos coeficientes lineares obtidos entre a energia cinética e a precipitação total mensal (figura 6.11), precipitação máxima durante 24 horas mensal (figura 6.12), sugerem a possibilidade de ajustar uma equação de energia cinética total à estes parâmetros, através regressão linear e/ou múltipla, como forma de facilitar os cálculos de Et.

A característica número de dias de chuva mensal apresentou uma fraca correlação com Et (figura 6.13).

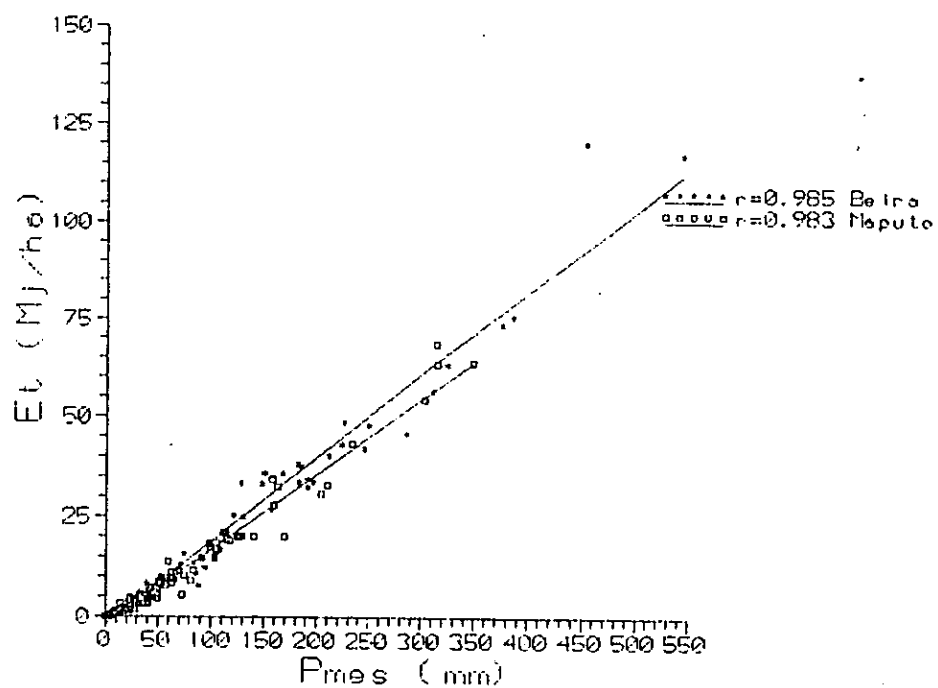


Figura 6.11 Correlação entre Et e Pmes.

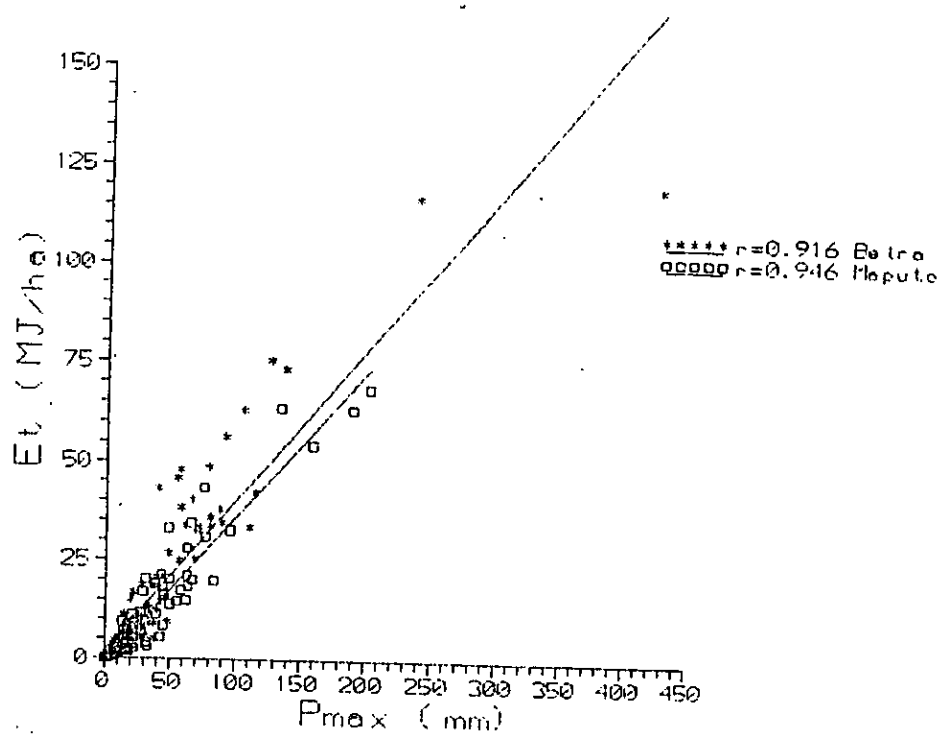


Figura 6.12 Correlação entre Et e Pmax.

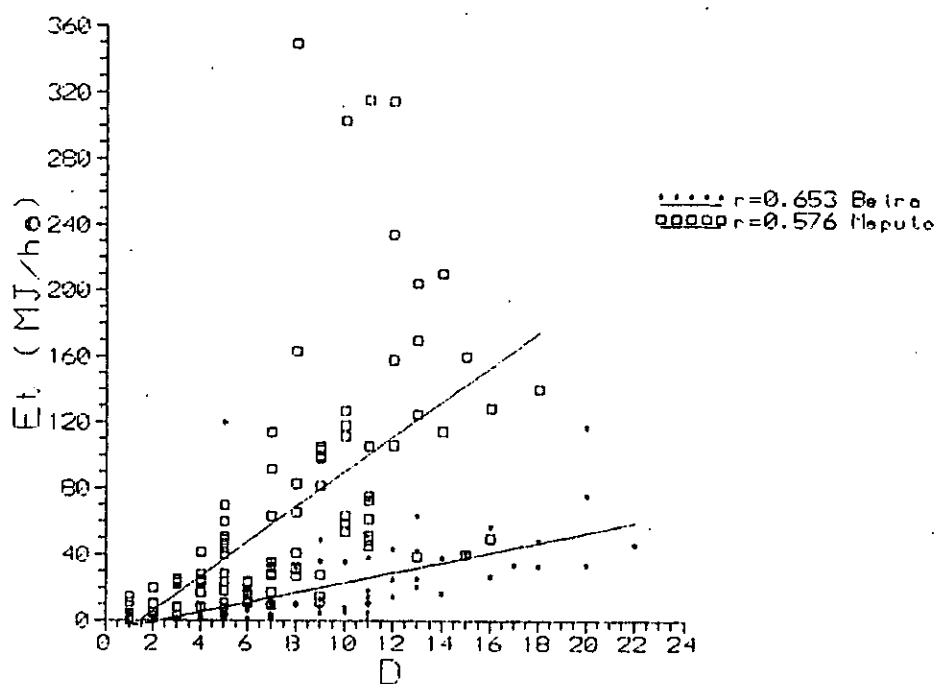


Figura 6.13 Correlação entre Et e D.

Comparando os coeficientes de correlação achados no presente estudo (Et x Pmes,  $r=0.985$ , para Beira e  $0.983$ , para Maputo) com os achados no trabalho de Reddy e Mussage, (1985), Energia cinética x Precipitação média anual, para treze locais estudados para todas as intensidades ( $r=0.87$ ), os coeficientes de correlação achados no presente estudo são maiores que os achados por Reddy e Mussage (1985).

Esta melhoria dos coeficientes de correlação deve-se ao facto de se ter tomado em conta a variação sazonal da precipitação mensal e a especificidade das características de cada local, devido a elevada amplitude de variação apresentada pelas características mensais em relação as anuais.

A tabela 6.6 apresenta a análise de variância entre as El de Beira e Maputo. Esta mostra que existem diferenças significativas entre a equação de El da Beira e Maputo, ao nível de significância de 1%.

Tabela 6.6 Análise de Variância entre El de Beira e Maputo

Fonte	Gl	S.Q	Q.M	Fc	P
Diferenças	2	279.611	139.806	13.22	0.000
Diferenças no nível erro	1	101.069	101.069	8.90	0.003
Diferenças no ângulo	1	178.542	178.542	16.88	0.000
Erro	214	2263.354	10.576		

Onde: Gl, representa graus de liberdade, S.Q, soma dos quadrados, Q.M, quadrados médios, Fc, factor calculado e P, probabilidade.

Estas diferenças podem ser devido às diferenças do regime e do padrão de distribuição da precipitações entre estas regiões, pois, a região Sul de Moçambique (de que faz parte Maputo) as chuvas são cráticas em relação a região, Centro (de que faz parte Beira).

A região da Beira apresenta maior quantidade de precipitação total anual (tabela 6.1) em relação a Maputo, e pelo facto do padrão de distribuição da amplitude das intensidades de precipitação em Moçambique mostrar um aumento de Sul para o Norte.

Na região Sul os períodos são geralmente inferiores a  $40 \text{ mm.hr}^{-1}$  e na região centro os períodos de intensidade de precipitação estão no intervalo de  $20 - 60 \text{ mm.hr}^{-1}$ , isto é, as chuvas na Beira são mais agressivas que no Maputo.

Os altos coeficientes de correlação linear observados, entre  $E_t$  calculada pela equação de Kinnell (1981) e as características de fácil medição (Tabela 6.5), mostram a viabilidade do uso destas equações nos locais estudados ou em locais que tenham um regime de precipitação semelhante aos da Beira ou Maputo.

Comparando os coeficientes das equações de  $E_t$ ,  $a$  e  $b$  obtidos neste estudo (tabela 6.5), com os de outros autores (tabela 2.1), pode-se observar que o coeficiente  $b$  para a equação de Beira assim como para a equação de Maputo são similares aos achados por Stocking (1988), no Zimbabwe e Marx (1988), na China. Facto que confere confiança às equações obtidas neste estudo.

E o coeficiente  $a$  tanto para a equação de Beira como para a de Maputo são ligeiramente diferentes, dos achados por Lal (1982).

## 6.4 EI30

A tabela 6.7 apresenta os coeficientes de correlação entre EI30 e as características de precipitação facilmente mensuráveis.

As relações gráficas entre EI30 e as características de precipitação facilmente mensuráveis estão representadas nas figuras 6.14, 6.15, 6.16 e 6.17. A Pmax é que apresenta o maior coeficiente de correlação com a EI30 tanto para Beira como para Maputo, sendo  $r=0.96$  e  $r=0.929$  respectivamente (figura 6.15).

A coeficiente de correlação mais baixo foi obtido pela relação entre EI30 e D (figura 6.16).

Tabela 6.7 Correlação entre EI30 e Pmes, Pmax, D e Pmes<sup>2</sup>/P, para Beira e Maputo.

	Beira	Maputo
EI30xPmes	$r=0.834$	$r=0.897$
EI30xPmax	$r=0.96$	$r=0.929$
EI30xD	$r=0.393$	$r=0.402$
EI30x(Pmes <sup>2</sup> /P)	$r=0.893$	$r=0.909$

Comparando os coeficientes de correlação obtidos no presente estudo entre EI30 e Pmes ( $r=0.834$ ), para Beira e  $r=0.897$ , para Maputo, com o obtido por Reddy e Mussage (1985), EI30 e Precipitação média anual,  $r=0.64$ , observa-se que os coeficientes de correlação achados no presente estudo são maiores que os achados por Reddy e Mussage (1985).

Estas melhorias dos coeficientes de correlação devem-se presumivelmente ao facto de se terem tomado em conta a variação sazonal da precipitação e a especificidade característica da precipitação local, devido a elevada amplitude de variação apresentada pelas características mensais em relação às anuais.



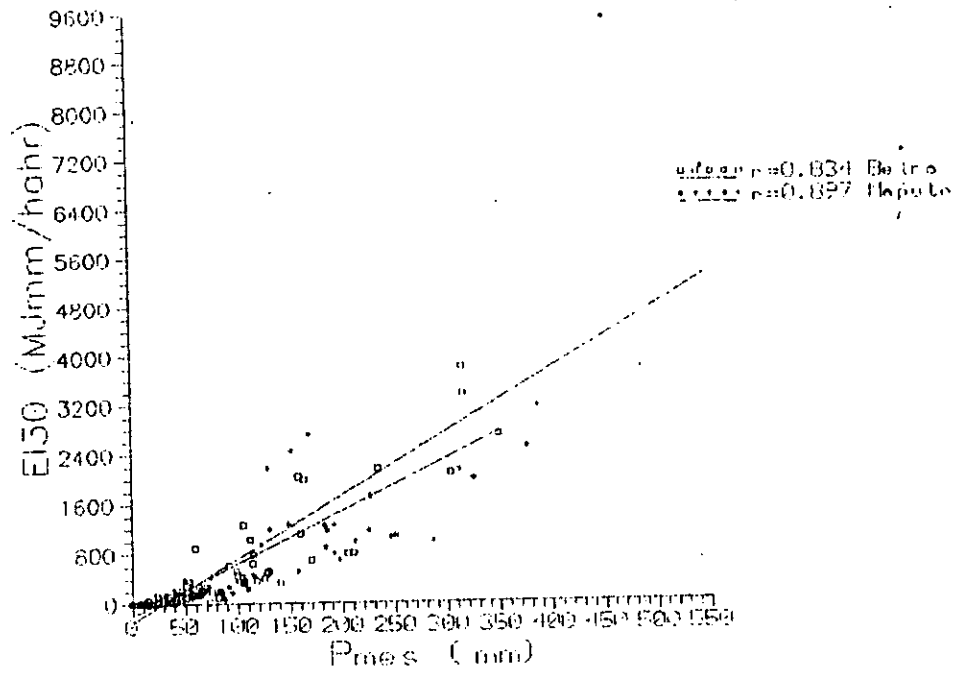


Figura 6.14 Correlação entre EI30 e Pmes.

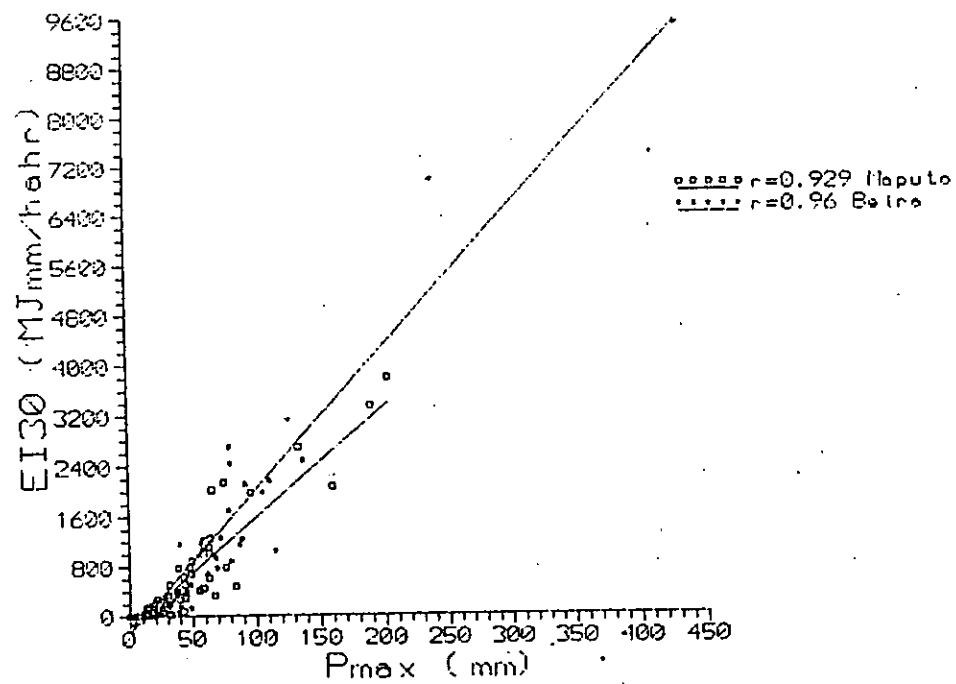


Figura 6.15 Correlação entre EI30 e Pmax.

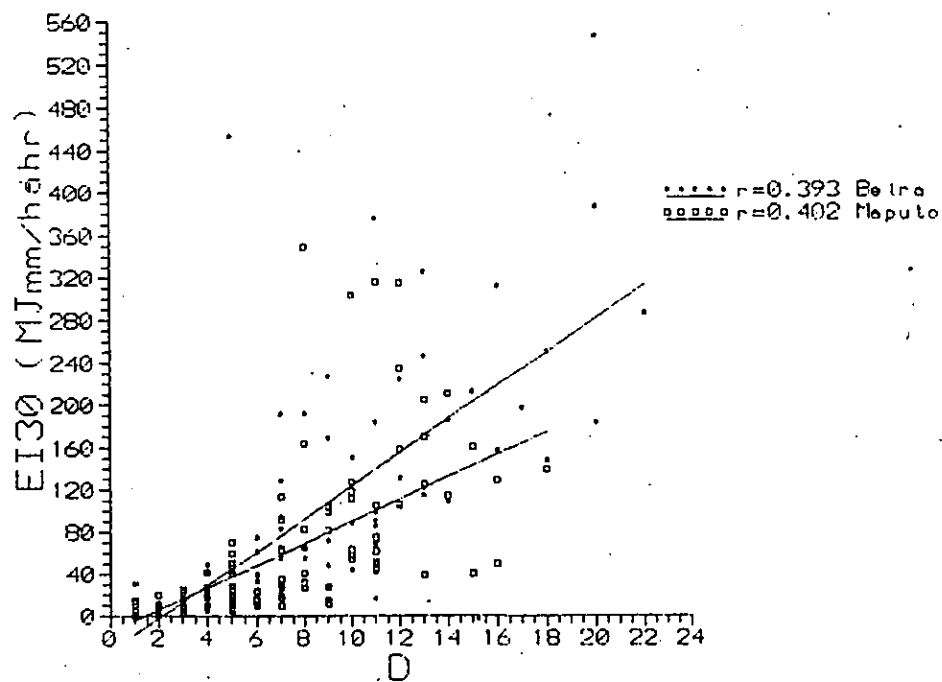


Figura 6.16 Correlação entre EI30 e D.

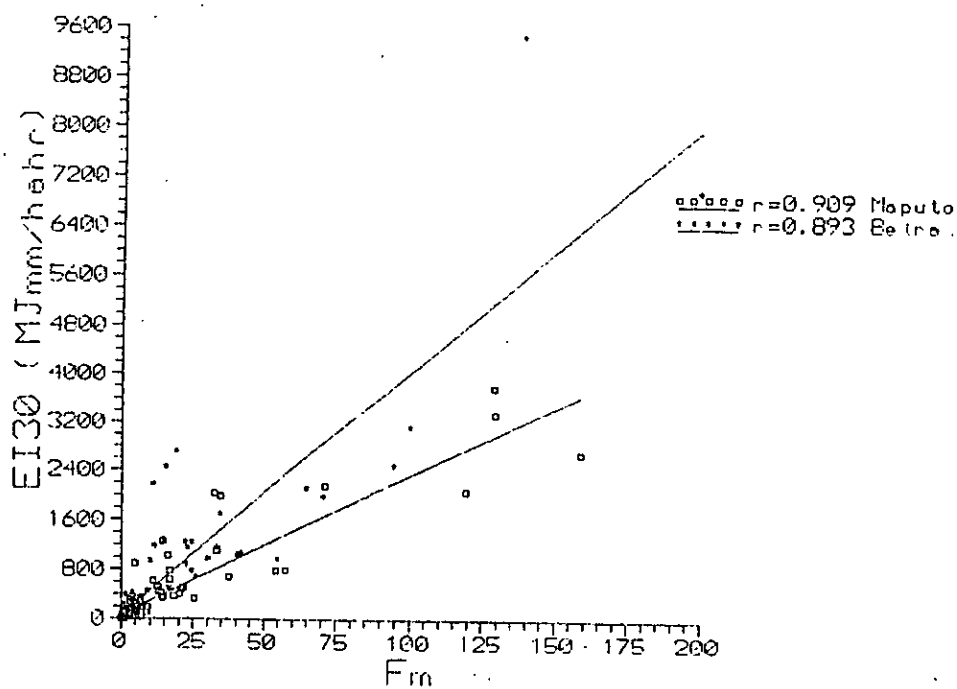


Figura 6.17 Correlação entre EI30 e Fm.

Os altos coeficientes de correlação lineares obtidos entre a EI30 e as variáveis referenciadas na tabela 6.7, sugerem a possibilidade de ajustar a EI30 a estas variáveis, através da regressão linear e/ou múltipla, baseando-se nos modelos de Bols (1978), Fournier (1980), modelos power e lineares (tabela 6.8 e tabela 6.9)

A tabela 6.8 apresenta as equações ajustadas de EI30 em  $Mj.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ ; dadas pela regressão, os coeficientes de correlação (r) entre EI30 calculada pela equação de Kinnell e a estimada pelas equações de regressão para Beira.

Tabela 6.8 Correlação entre EI30 calculada e EI30 obtida da equação ajustada, para Beira.(n=98)

Equações/Local	Beira
$EI30 = -294.694 + 10.153 \cdot P_{mes}$	$r = 0.844$ (6.1)
$EI30 = 8.821 \cdot P_{mes}$	$r = 0.834$ (6.2)
$EI30 = -263.681 + 22.853 \cdot P_{max}$	$r = 0.965$ (6.3)
$EI30 = 20.645 \cdot P_{max}$	$r = 0.960$ (6.4)
$EI30 = -204.338 + 102.848D$	$r = 0.146$ (6.5)
$EI30 = 73.365 + 39.535 \cdot (P_{mes}^2/P)$	$r = 0.893$ (6.6)
$EI30 = 40.432 \cdot (P_{mes}^2/P)$	$r = 0.893$ (6.7)
$EI30 = 11.587 \cdot (P_{mes}^2/P)^{1.444}$	$r = 0.873$ (6.8)
$EI30 = 0.289 \cdot P_{mes}^{1.529}$	$r = 0.883$ (6.9)
$EI30 = P_{mes}^{1.236}$	$r = 0.862$ (6.10)
$EI30 = 0.3548 \cdot P_{mes}^{0.716} \cdot P_{max}^{1.055} \cdot D^{0.166}$	$r = 0.952$ (6.11)
$EI30 = P_{mes}^{0.704} \cdot P_{max}^{0.905} \cdot D^{-0.520}$	$r = 0.957$ (6.12)
$EI30 = 0.3428 \cdot P_{mes}^{0.551} \cdot P_{max}^{1.171}$	$r = 0.962$ (6.13)

Onde: n é o número de observações.

Das equações acima apresentadas, as equações 6.13, 6.12, 6.11, 6.3, 6.7, 6.8 e 6.10 são os que apresentam os mais elevados coeficientes de correlação com EI30 calculado com a equação de Kinnell (tabela 6.8).

A tabela 6.9 apresenta as equações ajustadas de EI30 em  $Mj.mm.ha^{-1}hr^{-1}$ ; dadas pela regressão, os coeficientes de correlação ( $r$ ) entre EI30 calculada pela equação de Kinnell e a estimada pelas equações de regressão para Maputo.

Tabela 6.9 Correlação entre EI30 calculada e EI30 obtida da equação ajustada, para Maputo. (n=120)

Equações/Local	Maputo
$EI30 = -188.437 + 8.360 \cdot P_{mes}$	$r = 0.907$ (6.14)
$EI30 = 7.011 \cdot P_{mes}$	$r = 0.897$ (6.15)
$EI30 = -174.463 + 17.543 \cdot P_{max}$	$r = 0.935$ (6.16)
$EI30 = 15.036 \cdot P_{max}$	$r = 0.929$ (6.17)
$EI30 = -148.314 + 64.881 \cdot D$	$r = 0.154$ (6.18)
$EI30 = 69.001 + 22.543 \cdot (P_{mes}^2/P)$	$r = 0.909$ (6.19)
$EI30 = 23.496 \cdot (P_{mes}^2/P)$	$r = 0.909$ (6.20)
$EI30 = 8.6297 \cdot (P_{mes}^2/P)^{1.407}$	$r = 0.868$ (6.21)
$EI30 = 0.1753 \cdot P_{mes}^{1.616}$	$r = 0.920$ (6.22)
$EI30 = P_{mes}^{1.176}$	$r = 0.912$ (6.23)
$EI30 = 0.2163 \cdot P_{mes}^{0.791} + P_{max}^{1.049} \cdot D^{0.130}$	$r = 0.928$ (6.24)
$EI30 = P_{mes}^{0.372} \cdot P_{max}^{1.176} \cdot D^{-0.277}$	$r = 0.935$ (6.25)
$EI30 = 0.214 \cdot P_{mes}^{0.627} \cdot P_{max}^{1.169}$	$r = 0.928$ (6.26)

Onde: n é o número de observações.

Das equações acima apresentadas, as equações 6.25, 6.16, 6.26, 6.22, 6.23, 6.19, 6.20, são os que apresentam os mais elevados coeficientes de correlação com EI30 (tabela 6.9).

Os altos coeficientes de correlação linear observados, entre EI30 calculado e EI30 estimada pelas equações desenvolvidas (tabela 6.8 e tabela 6.9), reforçam a viabilidade do uso destas equações de estimativa de EI30 nos locais estudados ou em locais que tenham um regime de precipitação semelhante a da Beira ou Maputo.

comparando os coeficientes das equações obtidas no presente estudo (tabelas 6.8 e 6.9) , tanto para Beira como para Maputo, com as obtidas por outros autores (tabela 2.2). estes são diferentes.

Estas diferenças devem-se as diferença das condições climáticas, sobretudo da diferença de períodos de intensidade de precipitação. No caso particular de Beira e Maputo, o padrão de distribuição da amplitude das intensidades de precipitação em Moçambique mostra um aumento de Sul para o Norte.

Na região Sul os períodos são geralmente inferiores a  $40 \text{ mm.hr}^{-1}$  e na região centro os períodos de intensidade de precipitação estão no intervalo de  $20 - 60 \text{ mm.hr}^{-1}$  (Reddy e Mussage, 1985), as chuvas da Beira são mais intensas que as do Maputo.

## 7. CONCLUSÕES:

Nas condições em que o presente estudo foi realizado, estabelecem-se as seguintes conclusões:

1. A equação de Kinnel para o cálculo de energia cinética de ocorrências individuais de chuva, apresentou elevada correlação com as restantes quatro equações testadas, podendo usar qualquer uma delas para o cálculo de EI, nas regiões da Beira ou Maputo.

2. Em condições semelhantes de solo, relevo, manejo e práticas conservacionistas, a maior expectativa de ocorrência de perda de solo, correspondem aos meses de Novembro à Abril para Beira e Setembro à Março, para Maputo.

3. Em condições semelhantes de solo, relevo, manejo e práticas culturais, Beira possui maior potencial erosivo que Maputo.

4. Pode-se estimar os índices de erosividade EI e EI30 mensais, para Beira e Maputo, ou para locais de Beira e Maputo, desprovidos de registos pluviográficos, mas que no entanto, apresentem dados pluviométricos e condições climáticas semelhantes a de Beira e Maputo, através das equações seguintes:

BEIRA:

$$Et = -1.97 + 0.209 \cdot P_{mes} \quad r = 0.985$$

ou

$$Et = 0.2 \cdot P_{mes} \quad r = 0.965$$

Onde:

Et é energia cinética total mensal, em  $\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ;

Pmes é precipitação total mensal, em milímetros.

$$EI30 = -263.681 + 22.853 \cdot P_{max} \quad r = 0.965$$

ou

$$EI30 = 0.3428 \cdot P_{mes}^{0.551} + P_{max}^{1.171} \quad r = 0.962$$

Onde:

EI30 é o produto da energia cinética total pela sua intensidade máxima durante trinta minutos, em  $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ ;

Pmes é precipitação total mensal, em milímetros;

Pmax é precipitação máxima durante 24 horas mensal, em milímetros

MAPUTO:

$$EI = -1.86 + 0.187 \cdot P_{mes} \quad r = 0.987$$

ou

$$EI = 0.174 \cdot P_{mes} \quad r = 0.956$$

Onde:

El é energia cinética total mensal, em MJ.ha<sup>-1</sup>;

Pmes é precipitação total mensal, em milímetros.

$$EI30 = -174.46 + 17.54 \cdot P_{max} \quad r = 0.935$$

ou

$$EI30 = 0.21 \cdot P_{mes}^{0.63} \cdot P_{max}^{1.17} \quad r = 0.928$$

Onde:

EI30 é o produto da energia cinética total pela sua intensidade máxima durante trinta minutos, em MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.hr<sup>-1</sup>;

Pmes é precipitação total mensal, em milímetros;

Pmax é precipitação máxima durante 24 horas mensal, em milímetros.



## 8. RECOMENDAÇÕES

Este estudo deve ter continuidade, desta feita deve se fazer a análise de precipitação com as perdas de solo experimentalmente, tanto para Beira como para Maputo, como forma de dar validade as equações obtidas.

- O Instituto Nacional de Meteorología deve fazer a digitalização dos registos continuos de precipitação, para os locais que possuem condições para o efeito, especialmente para as regiões com clima diferentes aos estudados aqui, de forma a facilitar eventualmente futuros estudos.

- Há necessidade de um cuidado intenso, no sentido de que sejam instaladas eficientes práticas de conservação, capazes de evitar as elevadas perdas de solo, que o alto potencial erosivo poderá causar, nos meses de Novembro à Abril e Setembro à Marco, respectivamente na Beira e Maputo.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayres, Q.C., 1936. Soil erosion and its control. New York McGraw Hill, 365p.
- Arnoldus, H.M.J., 1980. An approximation of rainfall factor in the universal soil loss equation. In: Assessment of erosion (eds. M. de Boodt and D.Gabriels; based on the proceedings of the workshop on Agricultural sciences, State Univ. Ghent, Belgium, Febr. 27th to March 3rd, 1978): John Wiley & sons; 127-132pp.
- Bols, 1978. In: The R factor: SWEAP, a computer program for water erosion assessment applied to SOTER. SOTER report 7. ISSS-UNEP-ISRIC, Wageningen, 29p.
- Carvalho et al., 1982. Índices de erosividade da chuva correlacionada com as perdas de um podzólico vermelho-amarelo eutrófico, textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): Primeira aproximação do factor erodibilidade do solo. R. bras. ci. solo, Campinas, 13: 237-242pp.
- Dudal, R., 1982. Land degradation in: A world perspective journal of soil and water conservation, 37: 345-349pp.
- Elwell, H.A. & Stocking, M.A., 1973 Rainfall parameters for soil loss estimation in subtropical climate. Journal of Agricultural climate. Journal of Agricultural engineering Research 18, 169-132pp.
- Elwell, H.A. & Stocking, M.A., 1982. Developing a simple yet practical method of soil-loss estimation. Tropical Agriculture. (Trinidad), 59; 43-48pp.

El-Swaify, Moldenhauer, W.C. and Lo, A., 1983. Effectiveness of EI30 as an erosivity index in Hawaii In: Soil erosion and conservation. Edited by El-Swaify, Moldenhauer, W.C. and Lo, A. Soil conservation society of America 7515 north east Ankey Road, Ankey, Iowa 50021-9764. 384-392pp.

Evan, R., 1980. Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls. An empirical view point. In Kikby, M.J. and Morgan, R.P.C. (eds). Soil erosion Wiley. 109-28pp.

FAO, 1984. Agroclimatological data for Africa, vol. 2 Countries South of the equator.

Fournier, F., 1960. Climat et erosion. Paris, Press University France, 201p.

Foster, G. et al., 1982. Evaluation of rainfall-run off erosivity factors for individual storms. Trans., ASAE, St. Joseph 25 (1): 124-129pp.

Gregory and Willing, 1973, in: Soil Erosion and Conservation. D.A. Davidson University of Strathclyde. John Wiley & sons, inc. New York.

Gunn, R. & Kinzer, G. D., 1959. The terminal velocity of fall droplets in stagnant air. J. Met., Lancaster, 6: 243-248pp.

Hudson, N. M., 1963. The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion, MSC thesis. University of Cape Town.

Hudson, N. M., 1973. Soil conservation. 2 ed, Ithaca, Cornell University Press, 320 p.

Hudson, N. M., 1981. Instrumentation for studies of the erosive power of rainfall, in: Soil Conservation. Ed B. T Bastford, London, 48-61 pp.

- Hudson, N. M., 1981. Raindrop size distribution in high intensity storms. Rhodesian journal of agricultural research, 6-11pp.
- Jones, D. M. A., 1959. The shape of raindrops. J. Met., Lancaster, 16 (5): 504-510pp.
- Kinnel, P. I. A., 1973. The problem of accessing the erosive power of rain from meteorological observation. proc. soil Am., Madison, 37: 617-621pp.
- Kinnell, P. I. A., 1976. Some observation of the Joss-Waldvogel rainfall distrometer. journal of applied meteorology, 15., 499-502pp.
- Kinnel, P. I. A., 1981. Rainfall intensity-kinetic energy relationships for soil loss prediction. soil science society of America, 45, 1, 153-155pp.
- Kirkby, 1980 in: Soil Erosion and Conservation. D.A. Davidson University of Strathclyde. John Wiley & sons, inc. New York.
- Kowal, J. M. & A. H. Kassam, 1976. Energy load and instantaneous intensity of rainstorms at Samaru, northern Nigeria. Tropical Agriculture, 53: 185-197pp.
- Lal, R., 1976. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria.III. Effects of rainfall characteristics. Geoderma, Amsterdam, 16:389-401pp.
- Lal, R., 1980. Soil erosion as a constraint to crop production. In: Priorities for alleviating soil related constraint to food production in the tropics. The international rice research Institute and New York college of agriculture and life science, Cornell University, Ithaca, New York. 468 pp.
- Langbein, W.B. and Schumm, S.A. 1958. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation, Trans. Am. Geophys. Un. 39, 1076-84pp.

- Lombardi Neto, F., 1977. Rainfall erosivity: Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil West Lafayette, Purdue University, 53 pp.
- Lombardi Neto, 1988. In: The R factor: SWEAP, a computer program for water erosion assessment applied to SOTER. SOTER report 7. ISSS-UNEP-ISRIC, Wageningen, 29p.
- Lombardi Neto, F. e Moldenhauer, W.C., Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Dezembro de 1992, *Bragantia*, Campinas, 51(2):189-192pp.
- Manson, B. J. & Andrew, J. B., 1960. Drop-size distribution from various types of rain. *Quant. J. Royal Met. Soc., London*, 86: 346-353pp.
- Max, J., 1988. In: The R factor: SWEAP, a computer program for water erosion assessment applied to SOTER. SOTER report 7. ISSS-UNEP-ISRIC, Wageningen, 29p.
- Morgan, R.P.C., 1988: Soil Erosion and Conservation. D.A. Davidson University of Strathclyde. John Wiley & sons, inc. New York.
- Park, S. W., 1983. Rainfall characteristics and their relationship to splash erosion. *Trans. ASAE, St. Joseph*, 26: 795-804pp.
- Pereira, H. H. G., 1983. Índices de erosividade de chuva, distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba (SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 100p.
- Pierce, F.J., 1991. Soil management for sustainability. In: Paper from a Workshop in Edmonton, Alberta, Aug. 1989. R. Lal & F.J. Pierce editors, 35p.
- Reddy, S.J. & Mussage, E.M., 1985. Capacidade Erosiva da Precipitação em Moçambique. INIA. Série Terra e Água. Comunicação nº25. Moçambique.

- Retallack, B.J., 1977. Notas de treinamento para formação do pessoal meteorológico classe IV. Brasília. 100-101pp.
- Ritcher, G. and Negendank, J.F.W., 1977. Soil erosion processes and their measurement in the German area of Moselle river. *Earth surf. proc.* 2. 261-78pp.
- Rogers, J. S. et al., 1967. Sources of error in calculating the kinetic energy of rainfall. *J. Soil Wat. Cons.*, Baltimore, 22: 140-143pp.
- Roose, E.J., 1980. Approach to the definition rain erosivity and soil erodibility in West Africa. in: *Assessment of erosion* (M. de Boodt and D. Gabriels eds.; Based on the proceedings of the Workshop on Assessment of erosion in USA and Europe; Faculty of Agricultural science, State Univ. Ghent, Belgium, Febr. 27th to March 3rd, 1978). John Wiley & sons; 153-164pp.
- Schultz, L.A., 1987. Métodos de conservação do solo, 2ª ed. Porto-Alegre. Sagra. 22-26pp.
- Stocking, M. A. & Elwell, H. A., 1973. Soil erosion hazard in Rhodesia. *Rhod. Agr. J.* 70:93-101pp.
- Stocking, M. A., 1978. The measurement use and relevance of rainfall energy in investigation in to erosion. *S. for geomorph. suppl. Bd.*, Leipzig, 29: 141-150pp.
- Stocking, M. A., Chakela, Q., & Elwell, H. A., 1988. An improved method for erosion hazard mapping. Part I: The technique. *Geografiska Annaler* 70 (A3): 169-180pp.
- Suarez y Rodriguez, 1962. Investigaciones sobre la erosión y conservación de los suelos en Colombia. Bogotá, Federación de los cafeteros. 473p.

Wagner, C.S. & Massambani, O. 1988. Análise da relação intensidade da chuva - energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. R. bras.ci. solo. Campinas, 12(3):281-284pp.

Wiesner, J., 1895. in: Wagner & Massambani: Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade a região de São Paulo. R. bras. ci. solo. 12: 197-203pp.

Wilkinson, G.E. 1975. Rainfall erosivity its distribution and soil erosion in the rainforest area of Western Nigéria . Expl. Agr., Great Britain, 11:247-255pp.

Willis, P. T., 1964. Functional fits to some observed drop size distribution and parametrization rain. J. Atmosph. Sci., Lancaster, 41 (9): 1948-1661, 1pp.

Wischmeier, W. H. & Smith, D. D., 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transaction American Geophysycal Union, Washington, D. C., 39 (2): 285-291pp.

Wischmeier, W. H., 1959. A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss equation. Soil science society of America proceeding, Madison, 23 (3): 246-249pp.

Wischmeier, W. H. and D.D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses A guide to conservation planning. US Dept. of Agriculture. Handbook no537, 58p

Zingg, A.W., 1940. Degree and lengh of slope as it affects soil in runoff. Agricultural engineering 21 (2): 59-64pp.

```

{$A+,B-,D+,E+,F-,I+,L+,N-,O-,R+,S+,V+}
{$M 16384,0,655360}
(*****
(*)
(*)          RE calc          (*)
(*)
(*****
)

```

```

program intensidade;

```

```

uses CRT, DOS;
{$M 65520, 0, 555360} {Adjust stack and heap size.}
{$V-}

```

```

Type

```

```

tipo1=array[1..144] of Real;
tipo2=array[1..5] of real;
filename=string[80];

```

```

var
j, conta, dia, mes, ano, MesAnt      : integer;
end_ano, end_dia, end_mes, Ndia      : integer;
duracao, Pmes                        : real;
precip                               : tipo1;
inputfile, outputfile               : filename;
P, PmaxDia, PDia                    : real;
EI30, E, EI30mes, Emes              : tipo2;
f, out                               : text;
fim_input, fim_mes, fim_dia         : boolean;

```

```

procedure Calc_indices(Precip: tipo1; duracao: real; var P: real;
var EI30, E: tipo2);

```

```

(* Calcule os valores de EI30, P e E duma ocorrencia de chuva *)
(* a partir dum conjunto de valores de precipitacao por intervalo *)
(* de 10 minutos - Precip - e a duracao da chuva. *)

```

```

var
i, n_int, j                          : integer;
E30, Emm, I30, I30max                : real;
E10, I10                             : tipo1;

```

```

begin
  for j:=1 to 5 do
    begin
      E[j]:=0.0;
      EI30[j]:=0.0;
    end;
  P:=0.0;
  I30max:=0;
  I30:=0;
  n_int:= Round(duracao/10.0);
  for i:= 1 to n_int do
    begin
      P:=P+Precip[i];
      I10[i]:=Precip[i]*6; {transformar mm/10min p. mm/hora}
    end;

```

```

    {unidades para energia por mm: MJ/ha.mm}
    {calcular energia da chuva para E[1]}
    {equacao de Kinell (Stocking, 1987)}
    Emm :=0.29233*(1.-Exp(-0.2862*Precip[i] -0.112));
    E10[i]:=Precip[i]*Emm;
    E[1]:=E[1]+E10[i];

```

```

    {calcular energia da chuva para E[2]}
    {equacao de Wischmeier, 1958}

```



```

if I10[i]>0.0433 then
  Emm:=0.119 + 0.0379*ln(I10[i])
else Emm:=0.0;
if Emm>0.283 then Emm:=0.283;
E10[i]:=Precip[i]*Emm;
E[2]:=E[2]+E10[i];

{calcular energia da chuva para E[3]}
{Equacao de Wagner & Massambani, 1988}
if I10[i]>0.0165 then
  Emm:=0.115 + 0.028 *ln(I10[i])
else Emm:=0.0;
if Emm>0.236 then Emm:=0.236;
E10[i]:=Precip[i]*Emm;
E[3]:=E[3]+E10[i];

{agora para E[4]}
{Equacao de Hudson, 1963}
if (I10[i]>4.3) then
  Emm:=0.2982 - 1.2751/I10[i]
else Emm:=0;
E10[i]:=Precip[i]*Emm;
E[4]:=E[4]+E10[i];

if (i>3) then I30:=I30+(-I10[i-3]+I10[i])/3.0
else I30:=I30+I10[i]/3.;
if I30 > I30max then I30max:=I30

end {for};
{equacao de Wilkinson, 1975}
if I30max>0.0433 then
  Emm:=0.119 + 0.0379*ln(I30max)
else Emm:=0.0;
E[5]:=Emm*P;
EI30[1]:=I30max*E[1];
EI30[2]:=I30max*E[2];
EI30[3]:=I30max*E[3];
EI30[4]:=I30max*E[4];
EI30[5]:=I30max*E[5];
writeln(P:4:1,' ',duracao:4:1,' ', I30max:6:3,' ',
E[1]:5:3,' ',EI30[1]:6:3);
end;

```

```

procedure leitura(var In_file: text; var P: Tipo1; var duracao: real;
  var dia, mes, ano: integer;
  var fim_dia, fim_mes, endfil: boolean);
(*
(* Leia todos os intervalos duma ocorrencia de chuva comecando em dia, *)
(* mes e ano, e calcule a duracao da chuva em minutos. *)
(* Checar se esta e a ultima ocorrencia de chuva deste mes. *)
(* Checar se e o fim do arquivo (endfil) *)
(* a primeira vez que esta procedure e chamada o valor de duracao e 0. *)
(* nas outras vezes o valor inicial de duracao e a duracao da chuva *)
(* anterior. *)
var i, end_ano, end_dia, end_mes, n: integer;
    dur, prevdur: real;
begin
  i:=1;
  dur:=0;
  fim_mes:=false;
  fim_dia:=false;
  repeat
    readln(In_file,ano,mes,dia,dur,P[i]);
  until (dur>0.1);
  repeat
    i:=i+1;

```

```

endfil:=eof(In_file);
prevdur:=dur;
if (not endfil) then
readln(In_file,end_ano,end_mes,end_dia,dur,P[i]);
if (P[i]>10) then begin
writeln('day ',end_dia, '/',end_mes, ' very high P');
write('digite <enter> para continuar');
readln
end;
if(dur-prevdur > 10.05) and (dur >0.05) then begin
writeln('error at day ',end_dia, '/',end_mes, ' dur-prevdur<>10');
write('digite <enter> para continuar');
readln
end;
until (dur<prevdur) or (endfil);
duracao:=prevdur; if (endfil) then duracao:=dur;
if (end_mes <> mes) or (endfil) then fim_mes:=true;
if (end_dia <> dia) or (fim_mes) then fim_dia:=true
end;

```

```

Function FileExists(Arq:FileName): boolean;
var f: text;
Begin
  {$I-}
  Assign(f,Arq);
  Reset(f);
  Close(f);
  {$I+}
  FileExists:= (IOResult=0) and (Arq<>'');
end; {FileExists}

```

```
begin(*programa principal*)
```

```
(* Inicializacao: coloca valores iniciais *)
```

```

for j:=1 to 5 do
begin
EI30mes[j]:=0.;
Emes[j]:=0.0
end {for};
Pmes:=0.;
PmaxDia:=0.;
Ndia:=0;
duracao:=0.;
fim_input:=false;

```

```
(* 1. Abre arquivo com dados e arquivo de saida *)
```

```
(* 1.1 Pergunte nomes de arquivos do monitor *)
```

```

Clrscr;
Repeat
writeln;
write(' Arquivo de entrada: '); Readln(Inputfile)
Until FileExists(Inputfile);
write(' Arquivo de saida: '); Readln(Outputfile);

```

```
(* 1.2 Abre os arquivos *)
```

```

assign(f,Inputfile); Reset(f);
Assign(out,Outputfile);
Rewrite(out);

```

```
Repeat
```

```

(* 2. Leia todos os intervalos duma ocorrencia de chuva comecando em dia, *)
(* mes e ano, e calcule a duracao da chuva em minutos. *)
(* Checar se esta e a ultima ocorrencia de chuva deste dia ou mes. *)
(* Checar se e o fim do arquivo (fim_input) *)
leitura(f,Precip,duracao,dia, mes, ano, fim_dia, fim_mes, fim_input);

```

```

(* 3. Calcule EI30, Ptot e Etot desta ocorrencia de chuva *)
Calc_indices(Precip,duracao,P,EI30,E);

(* 4. Calcule valores mensais e diarios: EI30mes, Pmes, Emes, *)
(* Ndia e PmaxDia *)
for j:=1 to 5 do
begin
EI30mes[j]:=EI30mes[j]+EI30[j];
Emes[j]:=Emes[j]+E[j]
end {for};
Pmes:=Pmes+P;
Pdia:=Pdia+P;
if (fim_dia) then
begin
Ndia:=Ndia+1;
if (Pdia>PmaxDia) then PmaxDia:=Pdia;
Pdia:=0;
end;
if (fim_dia) then
Writeln(dia: 3, mes:3, ano:5, Ndia: 3, Pmes: 6:1, PmaxDia: 6:1,
EI30mes[1]: 8:1, Emes[1]: 8:1);
{
readln end;}

(* 5. Se fim do mes, mande resultados para *)
(* arquivo de saida e inicia valores para novo mes *)
if (fim_mes) then Begin
Writeln(out, mes:3, ano:5, Ndia: 3, Pmes: 6:1, PmaxDia: 6:1,
EI30mes[1]: 8:1, EI30mes[2]: 8:1, EI30mes[3]: 8:1,
EI30mes[4]: 8:1, EI30mes[5]: 8:1, Emes[1]: 8:1,
Emes[2]: 8:1, Emes[3]: 8:1, Emes[4]: 8:1, Emes[5]: 8:1);
for j:=1 to 5 do
begin
EI30mes[j]:=0.;
Emes[j]:=0.
end {for};
Pmes:=0.;
PmaxDia:=0.;
Ndia:=0;
end {if fim_mes};

(* 6. Se ainda houver dados no arquivo de entrada volta a 2 *)
Until (fim_input);
Writeln ('Fim do mes: ', mes, ' ano: ',ano);

(* 7. Fecha arquivos e volta para DOS *)
close(in);
close(out);
end {programa}.

```

ANEXO II: DADOS DE Et DA BEIRA

MES	ANO	N. DIAS	Pmes	Pmax	Et1	Et2	Et3	Et4	Et5
4	1994	5	3.6	2.1	0.3	0.6	0.5	0.1	0.5
5	1994	10	43.8	18.9	5	8.4	7.4	5	8.2
6	1994	4	20	10.2	2.3	3.8	3.3	2.3	3.5
7	1994	3	19.1	13.5	2	3.5	3.1	1.8	3
8	1994	6	33.1	25.1	6.1	7.4	6.3	6.3	7.2
9	1994	1	0.4	0.4	0	0.1	0.1	0	0
10	1994	11	16.3	3.7	0.9	2.3	2.1	0.3	2
11	1994	4	6.4	2.7	0.8	1.3	1.1	0.9	1
12	1994	12	130.3	56.6	24.9	29.7	25.5	24	30.8
1	1993	11	40.7	7.9	4.5	7.6	6.7	4.6	7
2	1993	15	212.3	66.6	40.3	48.5	41.6	44.2	48
3	1993	16	156.9	48	26.7	34.4	29.7	29	34.2
4	1993	3	5	3.5	0.8	1.1	0.9	0.9	0.9
5	1993	5	22.1	9	3.6	4.7	4.1	3.8	4.3
6	1993	2	1.2	1.1	0.1	0.2	0.2	0	0.2
1	1992	7	56.3	19.6	8.7	11.8	10.2	9.4	11.1
2	1992	14	185	87.8	37.9	44	37.5	40.8	43.5
3	1992	11	90.5	20.4	15	19.7	17	16.9	19.5
4	1992	10	150.4	80.7	35.9	38.3	32.3	36.8	39.8
5	1992	3	14.9	8	1.8	2.9	2.6	1.9	2.8
6	1992	7	27.7	13	3.6	5.5	4.8	3.6	5.1
7	1992	3	3.2	1.7	0.3	0.6	0.5	0.3	0.5
8	1992	4	25.1	9.9	3.4	5	4.3	3.4	4.6
10	1992	4	14.1	9.3	2.4	3.1	2.7	2.7	2.7
11	1992	8	55	19.8	9.5	12	10.4	9.8	12
12	1992	1	30.8	30.8	5.6	6.9	5.9	5.6	7.4
1	1991	11	69.4	14.7	11.1	14.7	12.7	10.7	13.5
2	1991	13	324.8	106	63.1	75.1	64.3	68.1	76.5
3	1991	18	250.2	57.7	48	57.7	49.4	51.9	55.4
4	1991	9	26	12.3	4.4	5.7	4.9	4.6	4.6
5	1991	5	7.8	5.7	0.8	1.4	1.2	0.8	1.4
6	1991	7	21.5	6.3	2.8	4.3	3.8	2.8	3.6
7	1991	5	10.9	4.8	0.8	1.8	1.6	0.3	1.5
8	1991	3	6.5	4.1	0.7	1.2	1	0.7	1
9	1991	4	24.2	12.3	2.6	4.5	4	2.6	4.7
10	1991	2	1.3	1.1	0.1	0.2	0.2	0	0.2
11	1991	1	0.3	0.3	0	0	0	0	0
12	1991	5	41.7	27.7	5.9	8.4	7.3	6.4	8.5
1	1990	20	545.4	238.1	116.9	132	112.2	121.4	138.4
2	1990	17	196.7	61.8	33.7	43	37.1	35.9	42.4
3	1990	9	226.6	79	48.7	54.6	46.5	51.6	55.8
4	1990	11	375.7	137.9	73.4	87.3	74.7	78.9	91
5	1990	11	86	25.5	10.8	16.8	14.8	10.7	16.3
6	1990	4	16.6	8.4	2.3	3.4	3	2.5	3.1
7	1990	4	4.7	2.7	0.4	0.8	0.7	0.4	0.6
8	1990	7	55.6	20.7	9.3	12.1	10.5	10.4	11.1
9	1990	4	26.1	20.2	4.2	5.6	4.8	4.5	5.1
10	1990	3	13.2	8.1	1.2	2.3	2	0.9	2.3

11	1990	9	168.1	80	35.8	40.7	34.6	36.3	41.8
12	1990	7	128.2	111	33.4	34.2	28.7	33.3	33.6
1	1989	18	148.3	72.5	33.2	36.6	31	34.6	34.3
2	1989	22	286.3	55.4	45.8	60.8	52.7	47.2	60.4
3	1989	13	114.6	44	20.9	25.8	22.1	22.8	24.8
4	1989	13	121.5	68.3	25.3	29	24.7	27.1	28.6
5	1989	7	82.6	31.8	13.6	17.9	15.4	14.8	17.2
6	1989	6	9.1	4.7	1	1.7	1.5	1.1	1.4
7	1989	4	23	21.9	3.1	4.7	4.1	3.6	4.7
8	1989	1	1.3	1.3	0.1	0.2	0.2	0	0.2
9	1989	6	8.2	3.3	0.6	1.3	1.2	0.2	1
10	1989	7	94.4	40.4	12.3	18.7	16.4	12.3	19.4
11	1989	6	39.2	28.4	8.3	9.4	8	8.9	9
12	1989	9	71.9	34.1	13	16	13.8	14.2	15.4
1	1988	8	191.7	69.2	32.5	41.8	36.1	35.1	43.2
2	1988	20	183.4	80.5	33.6	41.5	35.6	36.1	41.1
3	1988	20	386.3	126.4	75.5	89.6	76.6	78.1	92
4	1988	14	108.8	22.1	16.8	23	20	18.1	22.5
5	1988	12	223.8	40.3	43.1	51.7	44.3	46	50.9
6	1988	6	61.3	48.4	9.5	13	11.3	10.5	12.7
7	1988	5	17.8	7.8	2.2	3.5	3.1	2.5	3.3
8	1988	4	42.8	38.2	5.3	8.5	7.5	6	8.9
9	1988	2	0.4	0.3	0	0	0	0	0
10	1988	12	103.6	42.9	14.6	20.9	18.3	14.3	21.3
11	1988	10	88.1	29.5	7.9	15.2	13.6	5.3	15.9
12	1988	11	66.6	16.4	9.7	13.6	11.9	10.1	13.4
1	1987	6	74.6	46.2	15.6	17.8	15.2	16.7	17.5
2	1987	2	11.9	6.9	1.3	2.3	2	1.4	2.3
3	1987	1	1.2	1.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
4	1987	9	48.1	18.7	8.6	10.8	9.3	9.2	9.5
5	1987	8	65	26.7	10.6	14.1	12.1	11.1	13.8
6	1987	7	65.4	26.1	9.5	13.5	11.7	9.4	12.8
7	1987	2	5.8	3.4	0.7	1.2	1	0.8	1
8	1987	2	10.4	10.2	1.3	2.1	1.8	1.6	2
9	1987	4	8.5	6.8	1.4	1.8	1.6	1.6	1.7
10	1987	7	19.7	12	1.9	3.5	3.1	1.6	3.2
11	1987	1	3.1	3.1	0.3	0.6	0.5	0.2	0.4
12	1987	16	311.6	92.2	56.4	70.2	60.3	58.6	74.8
1	1986	11	182.8	58.1	38.3	43.8	37.3	40.4	42.5
2	1986	11	98.7	28.2	18.7	22.6	19.3	20.5	21.1
3	1986	5	453.7	428.1	119.8	122.1	102.5	121.6	126.4
4	1986	7	191.2	89.4	34.5	43	36.9	35.7	43.5
5	1986	5	27.3	13.3	4.5	5.8	5.1	4.5	5.7
6	1986	5	15.7	5.2	2.4	3.3	2.9	2.5	2.8
7	1986	4	19.6	12.3	2.3	3.8	3.3	2.4	3.5
8	1986	1	0.9	0.9	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
9	1986	4	11.2	4.9	1.5	2.2	2	1.4	1.9
10	1986	3	10.4	7	0.9	1.8	1.6	0.6	1.9
11	1986	4	49.2	37.4	9.1	11.1	9.5	8.6	11.2
12	1986	13	245.6	115.2	42.1	53.9	46.5	43.9	55.3

## ANEXO III: DADOS DE EI30 DA BEIRA

MES	ANO	N. DIAS	Pmes	Pmax	EI30 (1)	EI30 (2)	EI30 (3)	EI30 (4)	EI30 (5)
4	1994	5	3.6	2.1	2.1	0.5	1.1	1	0.3
5	1994	10	43.8	18.9	18.9	46.2	71	62	49
6	1994	4	20	10.2	10.2	13.7	21.3	18.6	14.6
7	1994	3	19.1	13.5	13.5	9.6	15.3	13.4	10.7
8	1994	6	33.1	25.1	25.1	153.8	169.8	144.2	168.2
9	1994	1	0.4	0.4	0.4	0	0	0	0
10	1994	11	16.3	3.7	3.7	1.4	3.1	2.8	0.6
11	1994	4	6.4	2.7	2.7	3.5	5.1	4.4	4.3
12	1994	12	130.3	56.6	56.6	1187.1	1261.3	1065.4	1192.9
1	1993	11	40.7	7.9	7.9	27.1	42.9	37.6	30.2
2	1993	15	212.3	66.6	66.6	979.3	1121.4	955.7	1088.6
3	1993	16	156.9	48	48	506.7	612.1	524.3	562.1
4	1993	3	5	3.5	3.5	5	6.1	5.3	6
5	1993	5	22.1	9	9	39.6	47	40.3	43.6
6	1993	2	1.2	1.1	1.1	0.1	0.3	0.2	0
1	1992	7	56.3	19.6	19.6	99.6	125.4	108	113.8
2	1992	14	185	87.8	87.8	1161	1282.4	1087.6	1235.4
3	1992	11	90.5	20.4	20.4	262.7	326.8	280.5	301.4
4	1992	10	150.4	80.7	80.7	2446.7	2500.5	2101.4	2495.4
5	1992	3	14.9	8	8	15	22.8	19.9	17
6	1992	7	27.7	13	13	34.9	46	39.8	38.4
7	1992	3	3.2	1.7	1.7	0.9	1.4	1.3	1
8	1992	4	25.1	9.9	9.9	29.3	38.5	33.3	32.4
10	1992	4	14.1	9.3	9.3	29.3	34.4	29.4	34.5
11	1992	8	55	19.8	19.8	200.7	230.1	196.2	211.2
12	1992	1	30.8	30.8	30.8	148.9	183.4	157.7	147.6
1	1991	11	69.4	14.7	14.7	193.9	211.2	179.2	199.8
2	1991	13	324.8	106	106	1987.8	2236.2	1902.1	2163.7
3	1991	18	250.2	57.7	57.7	1073.4	1196.1	1015.4	1137.4
4	1991	9	26	12.3	12.3	36.3	40.9	34.8	40.1
5	1991	5	7.8	5.7	5.7	6.1	10	8.8	6.8
6	1991	7	21.5	6.3	6.3	14.2	19.9	17.3	15.9
7	1991	5	10.9	4.8	4.8	1.6	3.4	3.1	0.8
8	1991	3	6.5	4.1	4.1	2.8	4.3	3.7	3.3
9	1991	4	24.2	12.3	12.3	26.5	43.1	37.8	29.6
10	1991	2	1.3	1.1	1.1	0.2	0.4	0.4	0
11	1991	1	0.3	0.3	0.3	0	0	0	0
12	1991	5	41.7	27.7	27.7	92.4	123.8	106.9	108.5
1	1990	20	545.4	238.1	238.1	6976.7	7391.9	6239.3	7201.1
2	1990	17	196.7	61.8	61.8	683.2	809.7	692.5	743.9
3	1990	9	226.6	79	79	1704.9	1886.5	1602.5	1795.4
4	1990	11	375.7	137.9	137.9	2483.4	2834.4	2414.1	2649.9
5	1990	11	86	25.5	25.5	92.2	135.3	117.9	96
6	1990	4	16.6	8.4	8.4	15.7	22.8	19.8	17.9
7	1990	4	4.7	2.7	2.7	1.3	2	1.8	1.5
8	1990	7	55.6	20.7	20.7	125.7	150.8	129	141.7
9	1990	4	26.1	20.2	20.2	39.9	50	43	43.4
10	1990	3	13.2	8.1	8.1	6.1	11.7	10.4	5.2

11	1990	9	168.1	80	80	2703.3	2697.7	2258.3	2700.6
12	1990	7	128.2	111	111	2168	2109.5	1760.3	2167.6
1	1989	18	148.3	72.5	72.5	1271.2	1293	1086.8	1300
2	1989	22	286.3	55.4	55.4	982.8	1162.9	995.4	1018.9
3	1989	13	114.6	44	44	456.4	526.4	449	497.4
4	1989	13	121.5	68.3	68.3	942.2	1005.9	850.3	997.6
5	1989	7	82.6	31.8	31.8	204.5	250.1	214.4	225.7
6	1989	6	9.1	4.7	4.7	3.7	5.7	5	4.5
7	1989	4	23	21.9	21.9	41.5	60	52.1	49.9
8	1989	1	1.3	1.3	1.3	0.1	0.4	0.3	0
9	1989	6	8.2	3.3	3.3	0.9	2	1.8	0.4
10	1989	7	94.4	40.4	40.4	160.9	223.6	194.1	168.7
11	1989	6	39.2	28.4	28.4	219.2	236.8	200.6	232.3
12	1989	9	71.9	34.1	34.1	272.2	304.5	259.1	303.5
1	1988	8	191.7	69.2	69.2	783.4	950.1	813.8	877.8
2	1988	20	183.4	80.5	80.5	886.2	1010.7	860.6	946.1
3	1988	20	386.3	126.4	126.4	3127.3	3413.4	2892.8	3242.1
4	1988	14	108.8	22.1	22.1	227.9	298.4	257.3	254.6
5	1988	12	223.8	40.3	40.3	1163.7	1285.1	1089.4	1236
6	1988	6	61.3	48.4	48.4	133.4	172.8	148.8	153.6
7	1988	5	17.8	7.8	7.8	17.2	25.9	22.6	19.4
8	1988	4	42.8	38.2	38.2	62.7	100	87.4	72.2
9	1988	2	0.4	0.3	0.3	0	0	0	0
10	1988	12	103.6	42.9	42.9	347.3	412.9	353.2	362.6
11	1988	10	88.1	29.5	29.5	74.1	121.5	106.8	72.9
12	1988	11	66.6	16.4	16.4	162.6	199.8	171.5	175.6
1	1987	6	74.6	46.2	46.2	423.9	468.3	397.5	456.4
2	1987	2	11.9	6.9	6.9	9.9	17.4	15.3	10.9
3	1987	1	1.2	1.2	1.2	0.3	0.6	0.5	0.3
4	1987	9	48.1	18.7	18.7	143.9	154.6	131	151.7
5	1987	8	65	26.7	26.7	254	289.5	246.6	275.9
6	1987	7	65.4	26.1	26.1	142.4	173.1	148.2	153.3
7	1987	2	5.8	3.4	3.4	3	4.7	4.1	3.5
8	1987	2	10.4	10.2	10.2	12.6	19.4	16.8	15.6
9	1987	4	8.5	6.8	6.8	17.6	21.2	18.2	20.8
10	1987	7	19.7	12	12	8.1	13.8	12.2	7.6
11	1987	1	3.1	3.1	3.1	0.7	1.2	1	0.7
12	1987	16	311.6	92.2	92.2	2116.3	2457.2	2095.6	2215.6
1	1986	11	182.8	58.1	58.1	1249.1	1335.6	1128.7	1302.1
2	1986	11	98.7	28.2	28.2	353.1	400.7	341.4	386.3
3	1986	5	453.7	428.1	428.1	9463.3	9481.1	7938.1	9512.8
4	1986	7	191.2	89.4	89.4	1249.5	1358	1148.7	1290.5
5	1986	5	27.3	13.3	13.3	82.8	98.7	84.5	91.6
6	1986	5	15.7	5.2	5.2	18.7	23.3	20	21.6
7	1986	4	19.6	12.3	12.3	16	24.1	21	17.7
8	1986	1	0.9	0.9	0.9	0.1	0.3	0.3	0.1
9	1986	4	11.2	4.9	4.9	10.1	12.3	10.5	10.9
10	1986	3	10.4	7	7	5.6	11	9.8	4
11	1986	4	49.2	37.4	37.4	383.8	410.6	346.5	394.3
12	1986	13	245.6	115.2	115.2	1046.3	1234.9	1055	1091.2

ANEXO IV: DADOS DE Et DE MAPUTO

MES	ANO	Nº DIAS	Pmes	Pmax	Et1	Et2	Et3	Et4	Et5
1	1993	5	69.9	39.5	11.4	14.8	12.8	10.8	14.9
2	1993	15	160	62.9	28	35.4	30.5	29.1	36.5
3	1993	9	81.5	24	9.1	15.1	13.4	8	15.8
4	1993	8	32.4	10.2	3.3	5.8	5.2	2.8	5.9
5	1993	5	23.6	12.1	2.4	4.3	3.8	2	4.4
7	1993	8	27.2	9	2.7	4.9	4.4	2.6	4.8
8	1993	7	35.2	14.4	3.2	5.9	5.3	2.6	6.2
9	1993	2	19.8	18	2.1	3.6	3.2	1.9	4.1
10	1993	11	72.7	23.1	5.5	11.8	10.7	2.9	11.9
11	1993	11	48.1	18.6	6.9	9.4	8.3	5.5	9.3
12	1993	7	91.6	62.8	14.9	19.9	17.1	15.2	22.4
1	1992	10	54	30.3	9.7	12	10.3	9.6	12.5
2	1992	6	22.8	18.6	4.5	5.3	4.5	4.4	5.3
3	1992	7	28.9	13.3	4.4	6	5.2	4.6	5.6
4	1992	1	11.1	11.1	1.3	2.2	1.9	1.5	2.2
6	1992	3	22.3	18.3	1.8	3.7	3.3	1	3.9
8	1992	1	0.5	0.5	0	0.1	0.1	0	0.1
9	1992	3	2.4	1.1	0.1	0.3	0.3	0	0.3
10	1992	5	6.3	3.1	0.4	0.9	0.9	0.1	0.9
11	1992	11	75.1	18.4	10.3	14.8	13	9.7	15
12	1992	10	302.9	159.5	54.3	67.4	58	55.9	71.5
1	1991	14	114.3	38.8	19.4	25	21.6	20.1	25.6
2	1991	11	105.5	63.9	18.5	23	19.8	17.3	24.6
4	1991	5	10.6	6.1	0.9	1.8	1.6	0.6	1.7
6	1991	1	14.3	14.3	3.3	3.6	3.1	3.4	3.1
8	1991	1	0.1	0.1	0	0	0	0	0
9	1991	6	15.3	7.6	1.5	2.7	2.4	1.2	2.6
10	1991	5	6.7	2.7	0.4	1	0.9	0.2	1
11	1991	10	57.9	18.1	7.8	11.3	9.9	7.1	11.6
12	1991	9	105	45	16.4	21.9	19	16.5	22.3
1	1990	11	315.3	189.9	63.3	74.2	63.4	64.8	80.4
2	1990	11	51.3	14.3	7	10.2	8.9	6.8	9.7
3	1990	12	158	65.9	34.4	38.6	32.8	35	39.6
4	1990	7	17.6	7.7	1.3	2.9	2.6	0.5	2.8
5	1990	3	23.1	22.4	2.7	4.4	3.9	2.9	4.5
6	1990	1	0.9	0.9	0.1	0.1	0.1	0	0.1
7	1990	4	24	16.3	4.7	5.5	4.7	5.1	5.3
9	1990	1	1.1	1.1	0	0.1	0.1	0	0.1
10	1990	8	31.4	13.1	3.6	5.6	5	3.1	5.6
11	1990	4	28	25.7	3.9	5.7	4.9	4.2	5.7
12	1990	13	204.3	76.5	30.9	42.1	36.6	30.6	44.2
1	1989	7	27.1	19	3.3	5	4.4	3.1	5
3	1989	18	139.8	67.2	20.1	28.5	24.9	19.8	28.8
4	1989	9	27.8	14.8	3.5	5.3	4.7	3.6	5
5	1989	3	7.9	4.4	0.5	1.1	1	0	1.2
6	1989	5	40.3	33.1	3.2	6.6	5.9	1.7	6.9
7	1989	5	5.2	2.5	0.5	0.9	0.8	0.5	0.8
8	1989	2	2.3	2	0.1	0.3	0.3	0	0.3



9	1989	4	24.1	16.7	2.5	4.4	3.9	2.1	4.4
10	1989	7	28.4	11.9	2	4.5	4.1	0.9	4.8
11	1989	16	128.4	31.1	20.3	27	23.4	20.6	27.2
12	1989	12	234.2	75.6	43.3	53	45.5	42.9	55.4
1	1988	5	18.4	9.9	1.5	2.9	2.7	0.9	2.9
2	1988	7	63	20.9	11.2	14.1	12.1	11.6	13.6
3	1988	7	113.8	43	21.3	25.7	22	22.4	26.3
4	1988	5	50.7	45	8.5	10.9	9.4	8.3	11.9
5	1988	1	4.2	4.2	0.3	0.7	0.6	0	0.6
6	1988	4	41.5	31.5	4.2	7.5	6.7	3.8	7.5
7	1988	6	10.8	4.8	0.7	1.7	1.5	0.2	1.4
9	1988	6	13.8	8	0.7	1.9	1.8	0.1	1.8
10	1988	13	169.9	49	20.2	31.8	28.1	16.1	33.1
11	1988	3	25.4	14.3	3.7	5.2	4.5	2.8	4.9
12	1988	12	106	29.4	17	22.5	19.5	17	22.4
1	1987	10	111.4	63.1	21.1	25.4	21.8	20.9	26.8
2	1987	5	7.8	3.8	0.6	1.3	1.2	0.5	1.2
3	1987	11	61.4	13.4	9.5	12.7	11	8.9	12.2
4	1987	5	43.8	22.7	7.3	9.4	8.1	7.3	9.9
5	1987	3	8.6	6.7	0.9	1.6	1.4	0.9	1.5
6	1987	2	5.2	2.6	0.3	0.8	0.7	0.1	0.7
7	1987	2	10.3	9	1.5	2.1	1.8	1.6	1.9
8	1987	5	49.1	42.6	5.5	9	8	5	9.6
9	1987	9	103.1	55.3	14.7	21	18.3	13.7	22.1
10	1987	11	49.3	11.1	4.5	8.5	7.6	3.2	8.3
11	1987	15	40	15.3	3.7	7	6.2	3.1	6.6
12	1987	13	38.8	14.8	5.4	7.6	6.7	5.2	7.1
1	1986	13	124.9	37.6	20	26.6	23	21	26.9
2	1986	11	51.7	27.8	8.4	11.1	9.6	8.9	10.8
3	1986	4	25.2	14.2	2.8	4.7	4.2	2.7	4.9
4	1986	11	45.4	11.5	4.9	8.1	7.2	4.1	8.1
5	1986	1	4.2	4.2	0.4	0.8	0.7	0.4	0.7
6	1986	1	4.3	4.3	0.4	0.8	0.7	0.2	0.8
9	1986	6	16.7	6.4	1.5	2.8	2.5	1.1	2.6
10	1986	6	24	10.1	1.5	3.5	3.3	0.4	3.5
11	1986	10	63.6	17.1	8.5	12.7	11.1	8.1	12.6
12	1986	8	82.7	27.5	11.7	16.8	14.7	12.2	17.7
1	1985	9	99.7	58.4	17.4	21.9	18.9	19.5	22.8
2	1985	8	349.3	134.3	63.7	78.7	67.6	63.5	80.6
3	1985	9	98.4	44.1	18.2	22.3	19.1	19.5	22.8
4	1985	9	14.7	4.5	1.7	2.8	2.5	1.8	2.5
5	1985	7	9.6	2.6	0.6	1.5	1.4	0.1	1.4
6	1985	1	1.2	1.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2
7	1985	5	6.3	2.4	0.3	0.9	0.8	0	0.8
8	1985	2	1.2	0.7	0.1	0.2	0.2	0	0.1
9	1985	1	1.7	1.7	0.1	0.3	0.2	0	0.3
10	1985	5	46.8	28.7	7	9.6	8.3	6.2	10.3
11	1985	10	118	38	19	25	21.7	19.3	25
12	1985	16	49.6	14.8	7.3	10.2	8.9	7.5	9.5

1	1984	14	210.2	48.2	32.9	44.3	38.4	33	46.7
2	1984	8	163.2	96.2	32.5	38.3	32.7	33	41.8
3	1984	12	314.6	203.1	68.5	76.5	65.1	72.1	81.8
4	1984	5	59.8	49.9	13.9	15.1	12.8	14.2	15.7
5	1984	4	17.4	7.7	2.1	3.4	3	2.2	3
6	1984	3	24.6	21.2	2.8	4.6	4	2.8	5
7	1984	10	126.9	83.6	19.9	26.7	23.2	19.9	27.3
8	1984	4	8.7	7.1	0.7	1.4	1.3	0.4	1.3
9	1984	5	28.5	11	2	4.4	4.1	0.9	4.5
10	1984	8	65.6	31	9.5	13.4	11.7	9.6	13.7
11	1984	8	41.1	17.1	6.2	8.4	7.3	5	8
12	1984	9	11.1	2.5	0.7	1.7	1.5	0.2	1.5

ANEXO V: DADOS DE EI30 DE MAPUTO

MES	ANO	Nº DIAS	Pmes	Pmax	EI30(1)	EI30(2)	EI30(3)	EI30(4)	EI30(5)
1	1993	5	69.9	39.5	277.3	311.7	265.3	296.8	310.4
2	1993	15	160	62.9	1113	1211.1	1025.8	1169.8	1274.5
3	1993	9	81.5	24	102.2	153.9	134.7	102.6	164.5
4	1993	8	32.4	10.2	28.9	45.9	40.2	30.6	47.4
5	1993	5	23.6	12.1	23.2	36.5	32	23.5	38.1
7	1993	8	27.2	9	18.1	30.3	26.7	18.7	30.4
8	1993	7	35.2	14.4	27.4	43.9	38.6	30.4	45.8
9	1993	2	19.8	18	28.6	48.3	42.8	26.8	57.7
10	1993	11	72.7	23.1	24.8	50.4	45.2	16.5	52.5
11	1993	11	48.1	18.6	195.7	205.2	172.8	192.4	193.5
12	1993	7	91.6	62.8	613.8	780.6	670.5	622.1	914.5
1	1992	10	54	30.3	354.3	390.9	331.8	370.8	406.7
2	1992	6	22.8	18.6	131.8	146.8	124.7	132.7	148.9
3	1992	7	28.9	13.3	52.8	65	55.8	59.3	61.7
4	1992	1	11.1	11.1	11.1	18.1	15.8	12.9	18
6	1992	3	22.3	18.3	14.1	26.5	23.6	9.7	29.9
8	1992	1	0.5	0.5	0	0.1	0.1	0	0.1
9	1992	3	2.4	1.1	0.1	0.2	0.2	0	0.2
10	1992	5	6.3	3.1	1	2.4	2.2	0.3	2.4
11	1992	11	75.1	18.4	176	222.8	192.1	185.6	233
12	1992	10	302.9	159.5	2077.5	2300.4	1953.7	2150.3	2437.7
1	1991	14	114.3	38.8	784.3	852.9	720.6	814.3	881.9
2	1991	11	105.5	63.9	1258.7	1340.4	1131.5	1270.2	1480.3
4	1991	5	10.6	6.1	3.1	5.6	5	2.6	5.1
6	1991	1	14.3	14.3	58	59.7	50.2	58	52
8	1991	1	0.1	0.1	0	0	0	0	0
9	1991	6	15.3	7.6	10.5	17.3	15.2	10.6	17.6
10	1991	5	6.7	2.7	1.3	2.8	2.5	0.8	2.8
11	1991	10	57.9	18.1	148.5	181.1	155.8	149.3	188.1
12	1991	9	105	45	335	404.8	347.1	361.5	415.2
1	1990	11	315.3	189.9	3346.5	3693	3130.6	3411.5	4042.8
2	1990	11	51.3	14.3	114.4	137.2	117.4	123.4	135
3	1990	12	158	65.9	2032.2	2108.6	1773	2042.1	2227.4
4	1990	7	17.6	7.7	5.3	11.3	10.1	2.9	11.8
5	1990	3	23.1	22.4	29.3	45	39.4	32.7	47.5
6	1990	1	0.9	0.9	0.1	0.2	0.1	0	0.1
7	1990	4	24	16.3	108.5	122.5	104.3	119.9	123.2
9	1990	1	1.1	1.1	0	0.1	0.1	0	0.1
10	1990	8	31.4	13.1	45.7	59	51	48.8	59.5
11	1990	4	28	25.7	64.5	83.7	72.2	74.7	86.3
12	1990	13	204.3	76.5	790.7	951.4	815.3	859	1008.2
1	1989	7	27.1	19	35.6	51	44.4	38.4	52.9
3	1989	18	139.8	67.2	326.1	423	364.8	333.9	436.3
4	1989	9	27.8	14.8	41.9	53.6	46.2	45.8	53.1
5	1989	3	7.9	4.4	1.3	3.1	2.9	0.1	3.4
6	1989	5	40.3	33.1	16.4	31.8	28.5	11.1	33.5
7	1989	5	5.2	2.5	1.8	3.2	2.8	2	2.8

8	1989	2	2.3	2	0.2	0.5	0.5	0	0.5
9	1989	4	24.1	16.7	19.7	32.9	28.9	18	34.2
10	1989	7	28.4	11.9	9.7	21.2	19.1	5.3	23.4
11	1989	16	128.4	31.1	512.2	593.5	506.6	542.9	616.2
12	1989	12	234.2	75.6	2153.6	2296.5	1938.5	2165.1	2425.3
1	1988	5	18.4	9.9	7.9	12.2	10.8	7.1	11.7
2	1988	7	63	20.9	273.7	302.7	256.3	288.5	292.2
3	1988	7	113.8	43	636.1	711.5	605.6	687.1	734.6
4	1988	5	50.7	45	298.5	350.2	299.7	303.2	385.7
5	1988	1	4.2	4.2	0.6	1.4	1.3	0	1.4
6	1988	4	41.5	31.5	35.1	55.8	48.9	37.2	56.8
7	1988	6	10.8	4.8	1.3	2.9	2.7	0.6	2.6
9	1988	6	13.8	8	1.5	3.5	3.2	0.5	3.5
10	1988	13	169.9	49	685.8	750.8	635.9	676.2	773.2
11	1988	3	25.4	14.3	52.1	57.6	49	48.5	51
12	1988	12	106	29.4	351.4	423.4	362.8	371	438.1
1	1987	10	111.4	63.1	1025.9	1135.6	963.1	1057.3	1240.4
2	1987	5	7.8	3.8	2.5	4.8	4.3	2.5	4.7
3	1987	11	61.4	13.4	144.7	168.4	144.1	146.2	161
4	1987	5	43.8	22.7	159.9	201.1	173.3	161.7	217.1
5	1987	3	8.6	6.7	5.2	8.7	7.6	6.1	8.3
6	1987	2	5.2	2.6	0.5	1.2	1.1	0.2	1.1
7	1987	2	10.3	9	13.4	17.1	14.7	15.7	15.6
8	1987	5	49.1	42.6	83.3	118.3	102.8	93.6	126.8
9	1987	9	103.1	55.3	421.3	490.3	418.1	424.9	509.3
10	1987	11	49.3	11.1	25.3	43	38	21.9	42.7
11	1987	15	40	15.3	20.2	34.8	30.8	19.3	34.8
12	1987	13	38.8	14.8	80.7	91.8	78.3	86.8	85.6
1	1986	13	124.9	37.6	400.2	497.2	427.2	429.5	522.7
2	1986	11	51.7	27.8	187.7	223	190.7	203.2	231.6
3	1986	4	25.2	14.2	23.5	38.8	34.1	24.3	40.1
4	1986	11	45.4	11.5	47.7	68	59.4	47	69.2
5	1986	1	4.2	4.2	1.8	3.1	2.7	1.8	2.8
6	1986	1	4.3	4.3	1.9	3.8	3.4	1.1	4
9	1986	6	16.7	6.4	9	14.2	12.5	9.5	13.7
10	1986	6	24	10.1	3.8	8.8	8.1	1.1	9.1
11	1986	10	63.6	17.1	142.5	178.7	153.5	151.3	179.5
12	1986	8	82.7	27.5	185	253.2	219.4	201.4	268.1
1	1985	9	99.7	58.4	458.4	543.9	464.9	528	568.8
2	1985	8	349.3	134.3	2693.4	2864.3	2417.1	2743	2946.3
3	1985	9	98.4	44.1	515.6	599.2	511	550.4	627.2
4	1985	9	14.7	4.5	9.8	15.3	13.4	10.9	14.4
5	1985	7	9.6	2.6	1.8	4	3.6	0.5	4
6	1985	1	1.2	1.2	0.3	0.5	0.5	0.2	0.4
7	1985	5	6.3	2.4	0.4	1.1	1	0	1
8	1985	2	1.2	0.7	0.1	0.1	0.1	0	0.1
9	1985	1	1.7	1.7	0.2	0.6	0.5	0.1	0.6
10	1985	5	46.8	28.7	225.9	270.8	232.2	218.2	300.1
11	1985	10	118	38	370.4	440.3	376.5	396.5	438
12	1985	16	49.6	14.8	112.2	128.5	109.5	118.6	120.8

1	1984	14	210.2	48.2	803.5	975.1	835.7	835.6	1024.8
2	1984	8	163.2	96.2	1980.9	2180.1	1847.1	1988.2	2431.8
3	1984	12	314.6	203.1	3785.1	4106.4	3475.2	4040.8	4450.4
4	1984	5	59.8	49.9	892.3	926.2	778.6	916	972
5	1984	4	17.4	7.7	17.7	24.8	21.4	21.8	23.6
6	1984	3	24.6	21.2	40.2	62.7	54.9	44.2	70.2
7	1984	10	126.9	83.6	482.9	573.3	490.1	523	591.5
8	1984	4	8.7	7.1	2.6	4.5	4	2.5	4.2
9	1984	5	28.5	11	7.5	15.8	14.2	4.7	16.2
10	1984	8	65.6	31	209.9	247.2	211.2	224.3	248.8
11	1984	8	41.1	17.1	142.2	150.7	127	135.6	137.8
12	1984	9	11.1	2.5	1.6	3.5	3.2	0.7	3.4