

JOÃO PAULO BESTETE DE OLIVEIRA

**SÉRIES SINTÉTICAS DE PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR A
EROSIVIDADE DAS CHUVAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48s
2014

Oliveira, João Paulo Bestete de, 1981-

Séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade
das chuvas / João Paulo Bestete de Oliveira. – Viçosa, MG,
2014.

vi, 92f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Roberto Avelino Cecílio.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.57-67.

1. Chuvas. 2. Solos - Erosão. 3. Solos - Conservação.
4. Gerador climático. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Meteorologia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 551.577

JOÃO PAULO BESTETE DE OLIVEIRA

**SÉRIES SINTÉTICAS DE PRECIPITAÇÃO PARA ESTIMAR A
EROSIVIDADE DAS CHUVAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

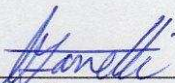
APROVADA: 29 de julho de 2014.



Flávio Aparecido Gonçalves



José Eduardo Macedo Pezzopane



Sidney Sára Zanetti
(Coorientador)



Fernando Falco Pruski
(Coorientador)



Roberto Avelino Cecílio
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e por mais essa oportunidade.

Aos meus pais, Valtair de Oliveira e Dejanira Bestete Oliveira, por me educar nos princípios da verdade e honestidade, e me formar um homem de caráter.

Aos meus irmãos, Luciano, Cristiane, Priscila e Camila, meus cunhados Rodrigo, Janaína, Bruno e Felipe, meus sobrinhos Ludimila, Maria Clara, Gabriel, Victor, Murilo, Pedro e Arthur e, meu tio Denir (ti Lelei) pelo apoio e incentivo, e presença nos momentos de alegrias e tristezas.

À minha noiva Danieli Marcolan Carari pelo amor incondicional, pelo carinho e afeto, e por ter me feito acreditar novamente na felicidade.

Ao professor Roberto Avelino Cecílio, pela orientação valiosa, pelo incentivo, pela amizade, pela dedicação demonstrados na condução deste trabalho, e acima de tudo, por ter confiado em mim no momento em que nem eu mesmo confiei.

Ao professor Fernando Falco Pruski pela valiosa coorientação, e pela grande contribuição em meu crescimento profissional.

Ao professor Sidney Sára Zanetti pela coorientação e sugestões para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao colega Luiz Gustavo Nascentes Baena, pelos pluviogramas gentilmente cedidos.

À amiga Graça Freitas por toda competência profissional e toda ajuda durante esses quatro anos de trabalho.

À Equipe do GPRH, em especial, Nívia, Morgana, Antônio, Danilo, pelos momentos de descontração e acima de tudo pelo trabalho em equipe.

Aos colegas de trabalho no IFES, Robson Vieira da Silva e Eglon Rhuan Salazar Guimarães pela ajuda na programação da rotina.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro durante parte do Doutorado.

Às demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu especial agradecimento.

BIOGRAFIA

JOÃO PAULO BESTETE DE OLIVEIRA, filho de Valtair de Oliveira e Dejanira Bestete Oliveira, nasceu em 17 de setembro de 1981, em Alegre, ES.

Em fevereiro de 1997, iniciou o Curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Alegre, concluindo-o em dezembro de 1999.

Em março de 2004, iniciou o Curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Espírito Santo, concluindo-o em agosto de 2008.

Em agosto de 2008, iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, área de Sensoriamento Remoto e Manejo de Bacias Hidrográficas, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, concluindo- em julho de 2010.

Em agosto de 2010, iniciou o curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Meteorologia Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de tese em 29 de julho de 2014.

Em janeiro de 2012, ingressou na carreira de Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Erosividade das chuvas	3
2.1.1. Energia cinética das chuvas	3
2.1.2. Relações entre a energia cinética e a intensidade da chuva	6
2.1.3. Índice de erosividade EI_{30}	10
2.2. Séries sintéticas de clima	11
2.1.4. Principais geradores	12
2.1.5. Aplicações das séries sintéticas	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Área de estudo	22
3.2. Base de dados	23
3.3. Procedimento para o cálculo da erosividade das chuvas	25
3.1.1. Erosividade a partir de equações empíricas e dados pluviométricos	26
3.4. Avaliação dos resultados	29
3.5. Mapas de erosividade	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Avaliação da erosividade	33
4.2. Espacialização da erosividade	42
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICE A	68
APÊNDICE B	72

RESUMO

OLIVEIRA, João Paulo Bestete de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade das chuvas.** Orientador: Roberto Avelino Cecílio. Coorientadores: Fernando Falco Pruski e Sidney Sára Zanetti.

Embora venha sendo utilizada em pesquisas ou trabalhos técnicos, a aplicação de séries sintéticas de dados pluviográficos para estimar a erosividade das chuvas ainda hoje é uma ferramenta que necessita de criteriosa avaliação e validação. Com o intuito de validar a utilização desta ferramenta, objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a potencialidade do uso de séries sintéticas de dados de precipitação para estimar a erosividade das chuvas (índice EI_{30}). O trabalho foi realizado para o Brasil, usando dados de 142 estações pluviográficas. As erosividades foram calculadas a partir de registros pluviográficos e a partir de séries sintéticas diárias, bem como por meio de dados pluviométricos médios mensais aplicados em equações propostas pela literatura especializada. As séries pluviográficas sintéticas foram geradas a partir da aplicação do *software* ClimaBR. Uma rotina computacional específica foi desenvolvida para identificar as chuvas consideradas erosivas. A comparação entre as erosividades calculadas a partir de pluviogramas e estimadas foi realizada por meio dos seguintes indicadores estatísticos: erro médio percentual (MAPE), erro absoluto médio (MAE), raiz do quadrado médio do erro (RMSE) e índice de concordância (d). Observou-se que o desempenho do método que estima a erosividade das chuvas a partir de séries pluviográficas sintéticas apresentou desempenho satisfatório e superior ao uso das equações baseadas em dados pluviométricos médios. Os resultados permitem concluir que a aplicação de séries pluviográficas sintéticas para estimar a erosividade das chuvas é uma alternativa válida e potencialmente aplicável.

ABSTRACT

OLIVEIRA, João Paulo Bestete de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2014. **Synthetic precipitation series to estimate the rainfall erosivity**. Adviser: Roberto Avelino Cecílio. Co-advisers: Fernando Falco Pruski and Sidney Sára Zanetti.

Although it has been used in research or technical work, the application of synthetic series of rainfall data to estimate rainfall erosivity is still a tool that requires careful evaluation and validation. In order to validate the use of this tool, the aim of the present work was to evaluate the potential use of synthetic data sets to estimate the rainfall erosivity index (EI_{30}). The study was conducted in Brazil, using data from 142 stations pluviographic. The erosivity were calculated from actual daily rain gauge records and from pluviographic synthetic daily series, as well as through monthly average rainfall data applied to equations proposed by the literature. Pluviographic synthetic series were generated from the application of ClimaBR software. A computer routine was specifically developed to identify rain erosive considered. The comparison between the calculated erosivity from rainfall chart and estimated was taken through the following statistical measures: mean percentage error (MAPE), mean absolute error (MAE), root mean square error (RMSE) and index of agreement (d). It was observed that the performance of the method that estimates the rainfall erosivity from synthetic pluviographic series, with satisfactory performance and superior to the use of data based on average rainfall equations. The results indicate that the application of synthetic pluviographic series to estimate rainfall erosivity is a valid and potentially applicable alternative.

1. INTRODUÇÃO

A precipitação é um dos elementos climáticos que exercem maior influência sobre as atividades humanas, interferindo em diferentes setores socioeconômicos e sobre o meio ambiente, pois influencia na quantidade e na qualidade da água, na capacidade de geração e distribuição de energia elétrica, no dimensionamento e operação de reservatórios, na gestão de recursos hídricos, na conservação dos solos, no manejo de bacias hidrográficas e na produtividade dos sistemas agroflorestais.

Sob a forma de chuva, a precipitação constitui o principal elemento climático relacionado às cheias de rios e à degradação de terras agrícolas, notadamente devido à sua relação com a ocorrência e magnitude da erosão (Moreira et al., 2006). A chuva desencadeia os processos físicos que governam a erosão hídrica, devido à energia cinética que é transferida ao solo, tanto pelo impacto das gotas quanto pelo escoamento superficial resultante (Pruski, 2009).

Em termos econômicos, estima-se que os prejuízos associados à erosão hídrica sejam de cerca de 3 a 5% do PIB agrícola mundial, ou cerca de US\$ 450 bilhões ao ano (Thomas et al., 2013). Para minimizar tais prejuízos é fundamental conhecer as características da chuva, por meio das quais é possível fazer o planejamento e o dimensionamento mais seguro de estruturas e práticas agrícolas que visem à conservação do solo e o disciplinamento do escoamento superficial.

Neste sentido, modelos matemáticos capazes de estimar as perdas de solo ocasionadas pela erosão são ferramentas importantes que auxiliam a compreensão do processo erosivo. Dentre os modelos existentes, destacam-se a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) (Wischmeier e Smith, 1958) e a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) (Renard et al., 1991), os quais são os modelos de maior utilização no mundo (Baskan, et al., 2010). Dentre os componentes da USLE e RUSLE, aquele que expressa a capacidade erosiva da chuva é conhecido como fator erosividade (R), obtido a partir de análise de registros pluviográficos. No entanto, no Brasil, como em diversas partes do mundo, a falta de uma base de dados pluviográficos confiável, tanto em quantidade, quanto em qualidade, faz com que as informações relativas à erosividade estejam disponíveis para poucas localidades.

Para várias aplicações em meteorologia e engenharia, quando os registros de chuva são inexistentes e, ou, inadequados, usa-se como alternativa séries sintéticas de dados climáticos, originadas dos chamados geradores climáticos. Os geradores são

modelos de simulação matemática que estimam a ocorrência de variáveis climáticas, tendo como objetivo a geração de um conjunto de valores numéricos dos elementos do clima com características estatísticas semelhantes às da série histórica. As séries sintéticas geradas podem ser usadas para muitas aplicações em modelagem hidrológica, como na estimativa de vazões (Gontijo e Naghettini, 2007) e da erosão (Amorim et al., 2010).

A utilização de séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade das chuvas é uma alternativa que vem sendo usada em algumas pesquisas, como Pruski et al. (2007), Moreira et al. (2008) e Moreira et al. (2009), muito embora não se tenha ainda provado que se trata de um método eficiente e válido.

Diante destas considerações, com o presente trabalho objetivou-se avaliar o potencial de uso de séries pluviográficas diárias sintéticas para estimar a erosividade das chuvas no Brasil.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Erosividade das chuvas

A predição das perdas de solo é importante para avaliar os riscos de erosão e determinar o uso adequado mais do solo (Oliveira et al., 2011). Vários modelos matemáticos (processos empíricos, conceituais e baseados em processos físicos) têm sido desenvolvidos para estimar a erosão em diferentes escalas espaciais e temporais (Ferro, 2010). Estes modelos de erosão variam de procedimentos simplificados, como a Universal Soil Loss Equation (USLE) (Wischmeier e Smith, 1978), a Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Renard et al., 1997) e a Morgan-Morgan e Finney (MMF) (Morgan, 2001) até métodos mais complexos, que requerem uma série maior de parâmetros de entrada, como o Water Erosion Prediction Project (WEPP) (Nearing et al., 1989), o Kinematic Runoff and Erosion (Kineros) (Woolhiser et al., 1990) e o European Soil Erosion Model (EUROSEM) (Morgan et al., 1998).

A USLE e RUSLE são os modelos de erosão mais utilizados no mundo (Baskan, et al., 2010), e fornecem informações úteis para o planejamento adequado de uso conservação do solo e da água. Estes modelos permitem estimar a perda de solo anual média causada pela erosão (Oliveira et al., 2011). Os dados de entrada para os modelos são relacionados a fatores naturais (erosividade das chuvas - R, erodibilidade do solo - K, comprimento de declive - L e sua inclinação - S) e fatores antrópicos (cobertura e manejo - C, e práticas de conservação - P).

Entre os fatores considerados na USLE e na RUSLE, está a erosividade das chuvas (fator R), que é dependente de um conjunto de características da chuva, como a distribuição do tamanho, velocidade de queda, o número, o momento e a energia cinética das gotas, bem como a intensidade, duração e frequência, e que representa a capacidade da chuva em causar erosão (Pruski, 2009), sendo um dos mais importantes fatores intervenientes no processo erosivo, por ser a chuva a força motriz da erosão e ter uma influência direta nos processos de infiltração e do escoamento superficial.

2.1.1. Energia cinética das chuvas

Basicamente, a energia cinética (EC) da chuva resulta do impacto de cada gota de chuva que atinge o solo. As informações fornecidas pelas medições da

distribuição do tamanho das gotas (drop-size distribution - DSD) combinadas com a velocidade terminal de queda (V_t) e o diâmetro das gotas de chuva (D_i) permitem calcular a energia cinética da chuva (Salles et al., 2002).

Os dados de DSD podem ser obtidos utilizando diversas técnicas, como bolinho de farinha, filtro de papel, da imersão em óleo, dispositivos ópticos ou eletromecânicos, ou radares meteorológicos. Tais medições não costumam fornecer dados contínuos no espaço e no tempo. Uma exceção é o estudo de Doelling et al. (1998), que relata 7 anos de medições da DSD no norte da Alemanha. Assim, a introdução de dispositivos mais específicos, que permitam as medições da energia cinética da chuva contínua e de forma direta (Jayawardena e Rezaur, 2000a), aumenta a disponibilidade de dados de energia cinética das chuvas. Devido à pouca disponibilidade de medições de DSD, os dados obtidos a partir de medição são analisados a fim de se estabelecer relações empíricas entre EC e a intensidade da chuva (I). Dessa forma, a EC pode ser calculada diretamente a partir da intensidade (I) de qualquer evento de precipitação, usando relações ($EC - I$).

De acordo com Kinnell (1981), a energia cinética da chuva pode ser expressa em duas formas: a energia cinética por unidade de volume ou de tempo. A energia cinética da chuva é geralmente expressa como a quantidade de energia por unidade de volume de chuva, ou seja, energia cinética por unidade de volume (EC_{mm}) (Wischmeier e Smith, 1958), e tem unidades de energia por unidade de área e por unidade de lâmina de chuva ($J\ m^{-2}\ mm^{-1}$), sendo derivada a partir do impacto das gotas pela equação

$$EC_{mm} = 10^{-3} \frac{p}{2} \frac{\sum_i X(D_i) D_i^3 V_t^2(D_i)}{\sum_i X(D_i) D_i^3} \quad (2.1)$$

em que,

EC_{mm} = relação entre a energia cinética e o volume de água da chuva.

p = densidade da água, em condições normais, $kg\ m^{-3}$;

$X(D_i)$ = densidade de fluxo das gotas, $gotas\ m^{-2}\ s^{-1}$;

D_i = diâmetro das gotas, cm ; e

$V_t(D_i)$ = velocidade de queda de uma gota de chuva com diâmetro D_i , $m\ s^{-1}$.

Com uma definição semelhante à da intensidade de precipitação (volume da água precipitado sobre uma superfície horizontal por unidade de tempo), a EC também pode ser expressa como energia cinética por unidade de área e por unidade de tempo, ou seja, energia cinética por tempo (EC_{tempo}), com unidades de energia por unidade de área e por unidade de tempo ($J.m^{-2}.h^{-1}$), sendo obtida pela equação

$$EC_{tempo} = 3,6.10^{-3} \frac{\pi}{12} \sum_i X(D_i) D_i^3 V_t^2(D_i) \quad (2.2)$$

As duas expressões de energia cinética, EC_{mm} e EC_{tempo} estão relacionadas entre si através da intensidade da chuva pela equação

$$EC_{tempo} = c.I.EC_{mm} \quad (2.3)$$

em que,

c = parâmetro que se ajusta a qualquer diferença existente nas unidades de tempo utilizadas, sendo c igual a 1 se EC_{tempo} é expressa em $J m^{-2} h^{-1}$, ou é igual a $1/3600$ se EC_{tempo} é expressa em $J m^{-2} s^{-1}$.

A intensidade da chuva I ($mm h^{-1}$) é obtida a partir da densidade de fluxo das gotas pela equação

$$I = 3,6 \frac{\pi}{6} \sum_i X(D_i) D_i^3 \quad (2.4)$$

A EC_{mm} é mais amplamente utilizada para representar a energia cinética da chuva, por duas razões: a) foi derivada das medições de DSD, principalmente com técnicas não-automáticas, tais como filtro de papel ou bolinho de farinha, e para evitar a sobreposição de gotas de chuva durante a amostragem, o papel ou farinha foram expostos manualmente, durante períodos muito curtos (normalmente inferiores a 1 s), por isso o tempo de exposição não era conhecido com precisão, o que não permitia determinar a EC_{tempo} ; b) a energia cinética total de eventos pode ser facilmente deduzida a partir do produto da lâmina da chuva pela EC_{mm} .

2.1.2. Relações entre a energia cinética e a intensidade da chuva

Diversas formulações matemáticas derivadas da intensidade das chuvas, e da energia cinética foram propostas para descrever a relação ($EC_{mm} - I$).

Wischmeier e Smith (1958) contribuíram expressivamente para o uso da EC_{mm} , propondo uma relação ($EC_{mm} - I$), e introduzindo esta relação no fator R da USLE. A maioria das funções matemáticas foi inspirada por essa relação, que se baseia-se nos dados de $V_t (D_i)$, de Laws (1941) e Gunn e Kinzer (1949) e nos dados de DSD de Laws e Parsons (1943), sendo expressa pela equação

$$EC_{mm} = a + b \log_{10} I \quad (2.5)$$

em que,

a e b = parâmetros obtidos através de regressão.

Na RUSLE, Renard et al. (1997) revisaram a formulação de energia cinética de Wischmeier e Smith (1958), propondo as relações condicionais, expressas pelas equações 2.6 e 2.7.

$$EC_{mm} = 11,9 + 8,73 \log_{10} I, \text{ se } I \leq 76 \text{ mm h}^{-1} \quad (2.6)$$

$$EC_{mm} = 28,3, \text{ se } I > 76 \text{ mm h}^{-1} \quad (2.7b)$$

Grande parte dos modelos de erosão do solo utiliza a energia cinética da chuva como um parâmetro de erosividade, sendo que por razões históricas, uma forte ênfase foi colocada na energia cinética de volume (EC_{mm}). Medidas diretas da energia cinética da chuva não estão amplamente disponíveis, portanto relações empíricas entre a intensidade da chuva I e a EC_{mm} têm sido propostas, lembrando-se que a EC_{tempo} é mais apropriada quando se utiliza dados coletados da DSD com dispositivos de medição automática. Portanto, a expressão EC_{tempo} é preferível à EC_{mm} ao estabelecer uma relação empírica entre EC e I. De acordo com Parsons e Gadian (2000), há a necessidade de se fornecer informações mais detalhadas sobre a DSD e não apenas de

um parâmetro global, como a I ou o diâmetro da gota, a fim de se obter um índice de erosividade da chuva adequado.

Na Tabela 2.1 estão apresentadas algumas relações entre energia cinética de tempo (EC_{tempo}) e intensidades de chuvas (I).

Tabela 2.1 - Relações entre energia cinética de tempo (EC_{tempo}) e intensidades de chuvas (I)

Referência	Relação EC_{tempo} ($J m^{-2} h^{-1}$) – I ($mm h^{-1}$)	Localidade	Alcance de I ($mm h^{-1}$)
Bollinne et al., 1984	$12,32 I + 0,56 I^2$	Bélgica	0,27 – 38,6
Brandt, 1990	$I (8,95 + 8,44 \log_{10} I)$	Estados Unidos	não analisado
Brown e Foster, 1987	$29 I (1 - 0,72 e^{-0,05} I)$	Estados Unidos	0 – 250
Carter et al., 1974	$11,32 I + 0,546 I^2 - 0,5009 \times 10^{-2} I^3 + 0,126 \times 10^{-4} I^4$	EUA Centro Sul	1 – 250
Cerro et al., 1998	$38,4 I (1 - 0,538 e^{-0,029} I)$	Barcelona, Espanha	não analisado
Coutinho e Tomás, 1995	$35,9 I (1 - 0,559 e^{-0,034} I)$	Portugal	0 – 120
Hudson, 1965	$29,86 (I - 4,29)$	Zimbabwe	não analisado
Jayawardena e Rezaur, 2000b	$368 I (1 - 0,691 e^{-0,038} I)$	Honk Kong	0 – 150
Kinnell, 1981	$I (17,124 + 5,229 \log_{10} I)$	Miami, Flórida	1,89 – 309
	$30,132 (I - 5,484)$		
	$29,31 I (1 - 0,281 e^{-0,018} I)$		
Kinnell, 1981	$I (9,705 + 9,258 \log_{10} I)$	Rhodesia (Hudson (1961)	18,5 – 228,6
	$29,863 (I - 4,287)$		
	$29,22 I (1 - 0,894 e^{-0,0477} I)$		
McGregor e Mutchler, 1976	$I (27,3 + 21,68 e^{-0,048} I - 41,26 e^{-0,072} I)$	Mississippi, EUA	não analisado
Onaga et al., 1988	$I (9,81 + 10,6 \log_{10} I)$	Okinawa, Japão	não analisado
Park et al., 1980	$21,1069 I^{1,156}$	Estados Unidos	não analisado
Renard et al., 1997	$29 I (1 - 0,72 e^{-0,05} I)$	Estados Unidos	não analisado
Rosewell, 1986	$29 I (1 - 0,596 e^{-0,0404} I)$	Gunnedah, Austrália	1 – 145,9
Rosewell, 1986	$26,35 I (1 - 0,669 e^{-0,0349} I)$	Brisbane, Austrália	1 – 161,2
Rosewell, 1986	$24,48 (I - 1,253)$	Melbourne, Austrália	não analisado
Rosewell, 1986	$24,80 (I - 1,292)$	Cowra, Austrália	não analisado
Sempere-Torres et al., 1992	$34 I - 190$	Cévennes, França	20 – 100
Smith e De Veaux, 1992	$13 I^{1,21}$	Oregon, EUA	não analisado
Smith e De Veaux, 1992	$11 I^{1,23}$	Alaska, EUA	não analisado
Smith e De Veaux, 1992	$18 I^{1,24}$	Arizona, EUA	não analisado
Smith e De Veaux, 1992	$11 I^{1,17}$	Nova Jersey, EUA	não analisado
Smith e De Veaux, 1992	$10 I^{1,18}$	Carolina do Norte, EUA	não analisado
Smith e De Veaux, 1992	$11 I^{1,14}$	Flórida, EUA	não analisado
Steiner e Smith, 2000	$11 I^{1,25}$	Norte do Mississippi, EUA	não analisado
Tracy et al., 1984	$210 I e^{-0,0766} I^{0,175} - 211,8$ se $I < 76 mm h^{-1}$	Arizona, EUA	não analisado

...continuação

Referência	Relação $EC_{tempo} (J m^{-2} h^{-1}) - I (mm h^{-1})$	Localidade	Alcance de I (mm h ⁻¹)
Uijlenhoet e Stricker, 1999	$7,20 I^{1,32}$		não analisado
	$8,53 I^{1,29}$		
	$8,46 I^{1,17}$		
	$8,89 I^{1,28}$		
	$10,8 I^{1,06}$		
	$7,74 I^{1,35}$		
Usón e Ramos, 2001	$23,4 I - 18$	Nordeste da Espanha	< 20
Wischmeier e Smith, 1958	$I (11,87 + 8,73 \log_{10} I)$	Washington, EUA	não analisado
Zanchi e Torri, 1980	$I (9,81 + 11,25 \log_{10} I)$	Itália	não analisado

Fonte: Salles et al. (2002)

2.1.3. Índice de erosividade EI_{30}

Wischmeier e Smith (1958), pesquisando a relação entre as diferentes características físicas da chuva e as perdas de solo nos Estados Unidos verificaram que o produto entre a energia cinética total e a intensidade máxima em 30 minutos foi capaz de explicar de 72 a 97% das perdas de solo causadas pela chuva, sendo esse produto denominado índice EI_{30} .

O índice EI_{30} é o mais amplamente utilizado para representar a erosividade da chuva (Hoyos et al., 2005), e tem fornecido uma boa correlação com a perda de solo em vários estudos no Brasil (Bertol et al., 2007, 2008; Lombardi Neto e Moldenhauer, 1992; Silva et al., 2009).

Para se obter um índice EI_{30} confiável estima-se que sejam necessários no mínimo 20 anos de coleta de dados pluviográficos (Wischmeier e Smith, 1978), porém séries temporais deste tamanho não são encontrados com facilidade em muitas partes do mundo (Lee e Heo, 2011).

Carvalho et al. (1989), trabalhando em Mococa (SP), e considerando um período de 19 anos de dados de precipitação, encontraram o valor de EI_{30} de 7747 MJmm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Morais et al. (1991) determinaram o índice EI_{30} médio anual para Cáceres (MT), de 7.830 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Gonçalves et al. (2006) obtiveram valores mínimos e máximos de EI_{30} para o Estado do Rio de Janeiro variando de 4.118 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, no município de Magé, com base de dados de 5 anos, a 15.806 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, no município de Rio das Flores, com base de dados pluviográficos de 16 anos.

Silva et al. (2010), avaliando a erosividade da chuva em 10 localidades na região centro-leste do estado de Minas Gerais, obtiveram índices EI_{30} variando de 8.670 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, nos municípios de Belo Oriente e Sabinópolis, a 18.646 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, em Açucena, usando base de dados pluviográficos de 3 anos, em todos os municípios.

Almeida et al. (2011) obtiveram valor de EI_{30} para Cuiabá (MT) de 8.810 MJmm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, usando uma base de dados de 18 anos

2.2. Séries sintéticas de clima

A série sintética é o resultado da associação de séries de dados reais com números aleatórios produzidos por algoritmos computacionais, com o propósito de gerar sequências de números aleatórios que se assemelhem aos dados climáticos reais (Wilks, 1999). O uso de séries sintéticas de dados climáticos apresenta um grande potencial em estudos hidrológicos, tendo em vista o fato da extensão das séries históricas disponíveis ser reduzida (Zanetti et al., 2005), principalmente quando se trata de dados pluviográficos.

As séries sintéticas de elementos climáticos são geradas por modelos de simulação matemática, denominados de geradores climáticos. Essas ferramentas têm demonstrado ser de grande utilidade em muitas áreas, pois permitem, a um baixo custo, a obtenção de informações a respeito do clima local, possibilitando por meio de simulações, avaliar a sua influência tanto nos processos naturais como nos decorrentes da intervenção humana. Os dados climáticos simulados por estes geradores, dentre outras aplicações, são utilizados como dados de entrada em muitos modelos hidrológicos e de predição do processo erosivo.

Um gerador climático pode simular séries temporais sintéticas de dados climáticos ilimitadas para um local, com base nas características estatísticas do clima observado. Os modelos para gerar dados climáticos são convencionalmente desenvolvidos em duas etapas (Hutchinson, 1987). A primeira etapa é a modelagem da precipitação diária, e a segunda é a modelagem do restante das variáveis de interesse, tais como a temperatura máxima e mínima diária do ar, a radiação solar, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, e as probabilidades condicionais de ocorrência da precipitação. Diferentes parâmetros do modelo são geralmente necessários em cada mês, de modo a refletir as variações sazonais, tanto nos valores das próprias variáveis, quanto nas suas correlações cruzadas.

Os geradores climáticos podem ser agrupados de acordo com a sua estrutura em duas categorias: os *tipo Richardson* (Richardson, 1981), tais como WGEN, WXGEN, CLIGEN e ClimaBR, e os *tipo em série*, tais como o LARS-WG.

Os geradores *tipo Richardson* usam cadeia de Markov de primeira ordem, de segunda ordem ou híbrida, para simular a ocorrência de dias chuvosos e uma distribuição de probabilidade assimétrica, como uma distribuição normal assimétrica, distribuição Gama ou uma distribuição exponencial mista, para gerar a quantidade

precipitada em um dia chuvoso. Em seguida, aplica-se um modelo auto regressivo multivariado de primeira ordem para simular as outras variáveis meteorológicas, tais como a temperatura, a radiação, e as probabilidades condicionais de ocorrência da precipitação (seco ou chuva). Os geradores climáticos *em série* diferem do *tipo Richardson* principalmente na forma como eles simulam a ocorrência de dias chuvosos. Nestes, as distribuições empíricas de períodos secos ou de chuva são usadas, em vez da Cadeia de Markov.

2.1.4. Principais geradores

Os geradores climáticos tem se tornado um importante instrumento de análise dos recursos ambientais, pois proporcionam a oportunidade para simular os efeitos da variabilidade do tempo em decisões de gestão. A vantagem de utilizar os geradores climáticos é que eles podem completar registros históricos limitados e reduzir os requisitos de armazenamento de dados.

A decisão de aplicar um gerador climático em um estudo pode ser determinada por um ou mais dos seguintes requisitos:

- séries climáticas diárias longas, que não estão disponíveis a partir de registros de observação;
- dados climáticos diários em uma região de dados dispersos;
- dados climáticos diários de grade para análise espacial; e
- capacidade de investigar as mudanças, tanto no clima médio, quanto na sua variabilidade diária.

Uma vez que a decisão é tomada, um gerador adequado deve ser selecionado. Os critérios para a seleção dependerão dos modelos disponíveis, e como seus recursos atenderão às necessidades de avaliação, podendo ser necessário testar alguns modelos para determinar a sua adequação.

Os modelos mais utilizados para a geração de séries sintéticas de elementos climáticos, podem ser citados:

2.1.4.1. WGEN - Weather Generation (Richardson e Wright, 1984)

O WGEN foi desenvolvido e validado em 48 estados dos Estados Unidos para gerar valores diários de precipitação, temperaturas máximas e mínimas, radiação solar e velocidade do vento para um período de n anos, próximos dos valores observados. O modelo baseia-se no procedimento descrito por Richardson (1981).

A ocorrência de chuva em determinado dia tem uma grande influência na temperatura e a radiação solar. A abordagem utilizada é a de gerar a precipitação para um determinado dia, independentemente das outras variáveis. A temperatura máxima, temperatura mínima e radiação solar são, então, geradas se um dia chuvoso ou seco foi gerado anteriormente. O modelo foi concebido para preservar a dependência no tempo, a correlação entre as variáveis e as características sazonais em dados meteorológicos reais do local (Castellvi et al., 2002).

O componente de precipitação do WGEN é gerado a partir da cadeia de Markov e de um modelo de distribuição gama. A cadeia de Markov de primeira ordem é utilizada para gerar a ocorrência de dias chuvosos e secos. Quando um dia de chuva é gerado, a distribuição gama de dois parâmetros é usada para gerar a quantidade precipitada.

O WGEN é a base para vários outros geradores climáticos (Castellvi e Stockle, 2001), incluindo o CLIGEN, ClimaBR, ClimGen, WXGEN, WGENK, USCLIMATE e GEM.

2.1.4.2. CLIGEN - Climate Generator (Nicks et al., 1995)

O CLIGEN é utilizado para a obtenção de séries sintéticas de dados climáticos a partir de registros históricos diários de estações meteorológicas. Suas estimativas incluem séries de precipitação, compostas pela precipitação total diária, duração, tempo padronizado de ocorrência da intensidade máxima instantânea e a própria intensidade máxima instantânea de cada evento gerado.

Como dados de entrada, além das informações gerais (nome e número da estação, número do estado, latitude, longitude e altitude), as seguintes informações são necessárias: precipitação máxima em 30 minutos e em seis horas; a média, desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação total diária (por mês); as probabilidades de um dia ser chuvoso tendo sido o anterior seco ou chuvoso (por mês);

o máximo, o mínimo e o desvio padrão da temperatura média diária (por mês); a média e o desvio padrão da radiação solar diária (por mês); a precipitação máxima em 30 minutos (por mês); a média diária da temperatura de ponto de orvalho (por mês); os valores da curva de distribuição acumulada do tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação; e o desvio padrão e o coeficiente de assimetria da velocidade do vento para 16 direções cardeais (por mês).

O modelo foi desenvolvido em 1995 a partir de um conjunto de 1078 arquivos de parâmetros de estações climáticas para 50 estados e territórios dos Estados Unidos (Flanagan et al., 2001).

O método usado para gerar o número e a distribuição dos eventos de precipitação é a cadeia de Markov de dois estados. Este método envolve o cálculo de duas probabilidades condicionais: a probabilidade de ocorrer um dia chuvoso após um dia seco, e a probabilidade de um dia seco após um dia chuvoso. A quantidade de precipitação diária é estimada com base na equação de Pearson tipo-III (Viessman et al., 1977).

O método utilizado para estimar a duração da precipitação assume que existe uma relação exponencial entre a duração dos eventos de precipitação e a duração média mensal. O cálculo da duração está relacionado com a intensidade da precipitação, assumindo-se que a intensidade cresce exponencialmente até o tempo que ela atinge a intensidade máxima (*time to peak*), decrescendo exponencialmente a partir deste tempo.

O tempo desde o início da precipitação até a máxima intensidade (*peak intensity*) é estimado a partir da distribuição anual acumulada de tempo necessário para atingir a máxima intensidade (*time to peak*), considerando períodos de 15 minutos.

O tempo necessário para atingir a intensidade máxima de cada evento de precipitação é calculado a partir do início do primeiro intervalo de precipitação ao ponto médio do intervalo de 15 minutos que contém a máxima intensidade. O tempo necessário para atingir a máxima intensidade é atribuído a um dos 12 intervalos de classes da duração do evento chuvoso no intervalo 0 a 1.

Uma distribuição acumulada para as intensidades máximas ao longo do ano é então calculada pela soma da fração dos números de eventos em cada intervalo de classe.

2.1.4.3. ClimGen - Climate Generation (Stockle et al., 1999)

O ClimGen utiliza princípios gerais semelhantes ao WGEN, mas com modificações expressivas, que geram valores diários de velocidade do vento, precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação solar, e umidade do ar. Utiliza uma distribuição de Weibull para gerar quantidades de precipitação, em vez da distribuição Gama usada no WGEN.

A distribuição Weibull é mais fácil de parametrizar, descreve bem a distribuição da quantidade de precipitação, e pode ser simplificada para aplicações em condições com dados mínimos.

No ClimGen todos os parâmetros são calculados para cada local de interesse, enquanto o WGEN utiliza coeficientes fixos otimizados a partir de uma base de dados climáticos. A vantagem do ClimGen é que pode ser aplicado em qualquer local do mundo com os dados suficientes para estabelecer os parâmetros do modelo.

O WGEN usa a série de Fourier truncada para produzir valores diários para calcular as médias mensais das variáveis climáticas. Esta forma funcional arbitrária pode levar a um ajuste inadequado aos dados. O ClimGen utiliza as funções *Splines* quadráticas para garantir que as médias dos valores diários sejam contínuas nos meses.

2.1.4.4. WXGEN - Weather Generator (Williams et al., 1985)

O modelo gera valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e direção do vento ao longo dos anos para qualquer local.

O modelo foi concebido para preservar a dependência no tempo, a correlação interna e as características sazonais que existem em dados meteorológicos reais do local. A precipitação e o vento são gerados independentemente das outras variáveis.

Uma cadeia de Markov de primeira ordem é utilizada para gerar a ocorrência de dias chuvosos ou secos. Quando um dia chuvoso é gerado, a quantidade de precipitação é obtida de acordo com uma distribuição normal assimétrica (Nicks, 1974). Um dia de chuva é definido como tendo pelo menos 0,2 mm de chuva, e a quantidade de precipitação é estimada assumindo uma distribuição normal assimétrica.

2.1.4.5. WGENK – (Kuchar, 2004; Kuchar, 2011)

O WGENK é uma modificação do gerador climático WGEN que gera valores diários de precipitação, radiação solar, temperatura máxima e mínima. A ocorrência de precipitação exerce influência sobre a radiação solar e a temperatura durante um dia em determinado estado, chuvoso ou seco, gerando independentemente a radiação solar e a temperatura para um determinado dia. O modelo preserva a dependência no tempo e as características sazonais relativas ao local. A nova abordagem apresentada nesse gerador oferece melhor ajuste da variância das chuvas geradas pelo modelo WGEN.

A precipitação é gerada por meio da cadeia de Markov de primeira ordem para determinar a ocorrência de dias chuvosos e secos e, em seguida, utiliza a distribuição Gama de dois parâmetros para estimar a quantidade de precipitação. As probabilidades de transição e parâmetro α da distribuição gama são contínuas ao longo do ano para um determinado local, devido à aplicação de uma função polinomial trigonométrica que descreve as mudanças sazonais.

2.1.4.6. USCLIMATE (Hanson et al., 1994)

O USCLIMATE é um modelo que fornece probabilidades de precipitação e dados climáticos diários simulados para um local, tendo sido desenvolvido com base no WGEN.

A precipitação diária é descrita por uma cadeia de Markov de primeira ordem, com os valores de precipitação distribuídos como uma função exponencial mista. Além disso os dados diários de temperaturas máxima e mínima e radiação solar são simulados usando um processo de geração estacionária descrito por Matalas (1967), adaptado para a base diária por Richardson (1981). As variações sazonais dos parâmetros são descritos pela série de Fourier.

A precipitação em dias chuvosos, com quantidade acima de um limite T (definido como sendo 0,25 mm), é estimada por uma distribuição exponencial mista.

As variações sazonais dos outros parâmetros climáticos são também representadas pela série de Fourier, e as médias, amplitudes e ângulos de fase são estimados pela máxima verossimilhança.

2.1.4.7. GEM - Generation of Weather Elements for Multiple Applications (Johnson, 2014)

O GEM tem a estrutura interna básica do USCLIMATE e do WGEN, mas várias melhorias expressivas foram feitas neste modelo. Ele funciona acoplado ao banco de dados *PRISM (Parameter-Regressions on Independent Slopes Model)*, o que possibilita a obtenção de dados de entrada estimados e espacializados em células quadradas com 4 km de extensão.

Utiliza mapas que permitem ao usuário escolher qualquer localidade dos Estados Unidos para gerar séries sintéticas, compostas por valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação solar, temperatura média do ponto de orvalho e a velocidade média do vento.

A cadeia de Markov de primeira ordem descreve a precipitação, com os montantes ajustados a uma distribuição exponencial mista. Os outros parâmetros são simulados utilizando séries de Fourier.

2.1.4.8. LARS-WG - Long Ashton Research Station - Weather Generator (Semenov e Barrow, 1997)

O LARS-WG baseia-se no gerador de clima descrito por Racsko et al. (1991), que utiliza distribuições semiempíricas para as séries de dias chuvosos e secos, gerando valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima e radiação solar diária. A distribuição semiempírica $Emp = \{a_0, a_i, h_i, i = 1, \dots, 10\}$ é um histograma com 10 intervalos, (a_{i-1}, a_i) , em que $a_{i-1} < a_i$, e h_i caracterizam o número de eventos a partir dos dados observados no i -ésimo intervalo.

Os valores aleatórios gerados a partir das distribuições semiempíricas são escolhidos selecionando primeiro um dos intervalos, utilizando a proporção de eventos em cada intervalo, como a probabilidade de seleção. Em seguida, seleciona-se um valor dentro do intervalo a partir da distribuição uniforme. Tal distribuição é flexível e pode aproximar de uma ampla variedade de formas, ajustando os intervalos (a_{i-1}, p_i) . O custo desta flexibilidade, no entanto, é que a distribuição requer 21 parâmetros (11 denotam os valores limites do intervalo e 10 valores indicam o número de eventos dentro de cada intervalo) a ser especificada em comparação com, por exemplo, os três

parâmetros para a distribuição exponencial mista usada por Racsko et al. (1991) para definir a série de dias secos e chuvosos.

Os intervalos (a_{i-1}, a_i) são escolhidos com base nas propriedades esperadas das variáveis atmosféricas. Para as séries de dias secos e chuvosos, e para a precipitação, o intervalo aumenta gradualmente à medida que i aumenta. Há, normalmente, muitos valores pequenos, mas também apresenta valores muito grandes. Dessa forma, a escolha da estrutura do intervalo impede a utilização de uma baixa resolução para os valores pequenos.

A simulação de ocorrência de precipitação é modelada como uma série alternada chuvosa e seca, em que um dia de chuva é definido como sendo um dia com precipitação maior que zero. A duração de cada série é escolhida aleatoriamente a partir da distribuição semiempírica chuvosa ou seca para o mês em que a série começa. Para determinar a distribuição, a série observada também é alocada para o mês em que as séries começam. Para um dia de chuva, o valor de precipitação é gerado a partir da distribuição da precipitação semiempírica para o mês, que depende da duração da série chuvosa ou da quantidade de precipitação nos dias anteriores.

2.1.4.9. ClimaBR - Gerador de Séries Sintéticas de Dados Climáticos (Oliveira et al., 2005a e b; Zanetti et al., 2005; Baena, et al., 2005).

O ClimaBR permite gerar informações sobre a precipitação, contendo, para cada dia chuvoso, o total precipitado, em milímetros, a duração do evento, em horas, além dos parâmetros necessários para a representação do perfil de precipitação instantânea, que são os valores padronizados do tempo decorrido entre o início da chuva até a máxima precipitação instantânea, chamado de tempo de ocorrência da intensidade máxima instantânea de precipitação (t_i^*) e da intensidade máxima instantânea de precipitação padronizada (i_i^*).

A determinação da condição do dia (seco ou chuvoso) e do total precipitado foi desenvolvida por Oliveira et al. (2005a e b), sendo utilizada a cadeia de Markov de primeira ordem para determinação da condição do dia, e a distribuição de Pearson tipo III normalizada para o cálculo do total precipitado nos dias chuvosos.

A função densidade de probabilidade gama é utilizada para representação da duração da precipitação e a intensidade máxima instantânea é gerada de forma semelhante à duração da precipitação, com base em uma distribuição de probabilidade

gama, sendo os parâmetros obtidos para cada mês e para cada faixa de total precipitado. A intensidade máxima instantânea é obtida utilizando-se a distribuição de probabilidade exponencial.

Para a utilização do ClimaBR é necessário um arquivo texto contendo os valores mensais da média, do desvio padrão e do coeficiente de assimetria da precipitação total diária, além dos valores de probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso sendo o dia anterior chuvoso e de probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso sendo o dia anterior seco.

2.1.4.10. Outros geradores

Um modelo estocástico para simular a distribuição dos parâmetros climáticos de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa foi desenvolvido por Sedyama et al. (1978), que utilizaram a primeira ordem da cadeia de Markov para determinar a ocorrência ou não da precipitação, sendo que, para os dias chuvosos, o valor aleatório da quantidade de chuva diária foi simulado pela função Gama incompleta, utilizando o método de Monte Carlo.

Larsen e Pense (1982) desenvolveram uma metodologia para simular a precipitação total diária, a temperatura e a radiação solar. A ocorrência ou não de precipitação foi determinada pela cadeia de Markov de primeira ordem, sendo que, nos dias chuvosos, foi simulada também a ocorrência de precipitações inferiores a 0,025 mm. A precipitação total diária foi obtida a partir da distribuição Gama, sendo considerados apenas os parâmetros α e β e assumido o parâmetro γ como igual a zero.

Geng e Auburn (1988) desenvolveram o SIMMETEO, um modelo de duas partes para simulação de chuva, que consiste em uma cadeia de Markov de primeira ordem e dois estados, e uma função de probabilidade Gama de dois parâmetros. Os dois parâmetros da função de probabilidade Gama são α e β , onde $\alpha \times \beta$ é a média e, $\alpha \times \beta^2$ é a variância da distribuição. A quantidade de precipitação é gerada pelo método de Berman (1971), com base nos valores de α e β para um dia de chuva.

Pickering et al. (1994) desenvolveram o WeatherMan (*Weather data Manager*), gerador de dados climáticos, a partir de adaptações do gerador WGEN. O modelo foi concebido com o intuito de simplificar e automatizar muitas tarefas repetitivas, associadas com a preparação de dados climáticos brutos, fornecendo análise quantitativa dos mesmos e gerando os seguintes elementos climáticos: radiação

solar, temperatura máxima e mínima, radiação fotossinteticamente ativa e precipitação.

Virgens Filho (1997) idealizou o GEPAC – Gerador Estocástico de Parâmetros Climáticos, um modelo computacional para simulação de dados diários de precipitação, radiação solar, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar, utilizando as distribuições de probabilidade Gama, Normal e Exponencial Negativa.

Virgens Filho (2001) desenvolveu o gerador SEDAC_R – Simulador Estocástico de Dados Climáticos, que gera dados diários de precipitação, radiação solar, temperatura máxima e mínima, baseado em um algoritmo de parametrização dinâmica das distribuições, decorrente da retroalimentação de dados, que identifica, para cada mês, de acordo com os resultados do teste de aderência Kolmogorov-Smirnov, para qual das três distribuições de probabilidade apresenta melhor ajuste.

Skiles e Richardson (1998), visando desenvolver um modelo adaptado para as condições climáticas observadas no estado do Alaska, modificaram os parâmetros internos do WGEN e desenvolveram o WGENAL.

Brissette et al. (2007) apresentaram um algoritmo para a geração estocástica eficiente de dados de precipitação em vários locais. O algoritmo é rápido, simples, fácil de implementar, e simplifica expressivamente a geração de dados de precipitação em vários locais para estudos de impacto de cenários climáticos.

Detzel e Mine (2011) desenvolveram um modelo para gerar séries de precipitação em escala diária, utilizando a primeira ordem da cadeia de Markov, e os valores ajustados a uma distribuição exponencial mista de três parâmetros.

2.1.5. Aplicações das séries sintéticas

A geração de séries sintéticas de precipitação tem sido usada há algum tempo por alguns pesquisadores para superar as limitações que envolvem, principalmente, o tamanho ou as condições de registros históricos disponíveis (Detzel e Mine, 2011).

As séries sintéticas geradas podem ser usadas para muitas aplicações em modelagem hidrológica, como na estimativa de vazões (Gontijo e Naghettini, 2007; Naghettini e Gontijo, 2010) e da erosão (Amorim et al., 2010).

Zanetti et al. (2006), em estudo de validação do modelo ClimaBR, no que se refere à simulação do número de dias chuvosos e da lâmina de precipitação total diária

para diferentes localidades, concluíram que este é um modelo apto para gerar séries sintéticas de precipitação para qualquer localidade brasileira.

A utilização de séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade das chuvas é uma alternativa que vem sendo usada em algumas pesquisas, como Cecílio et al. (2013), avaliando índices de erosividade no estado do Espírito Santo, usando o ClimaBR para gerar séries sintéticas de precipitação, concluíram que o uso de séries sintéticas de precipitação para estimar a erosividade das chuvas é uma alternativa promissora em locais sem disponibilidade de dados pluviográficos.

Pruski et al. (2007), estudando a erosividade da chuva a partir de séries sintéticas de precipitação geradas pelo ClimaBR, para Sete Lagoas e Araxá, no estado de Minas Gerais, e Rio das Flores e Valença, no estado do Rio de Janeiro, concluíram que este método é uma alternativa viável para obtenção da erosividade da chuva.

Moreira et al. (2008) desenvolveram um programa computacional para viabilizar o uso de redes neurais artificiais para estimativa dos valores da erosividade da chuva no estado de Minas Gerais usando séries sintéticas de precipitação pluvial geradas pelo ClimaBR.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto no presente trabalho foram necessárias as seguintes etapas principais: definição da área de estudo e as estações pluviográficas usadas; cálculo da erosividade da chuva a partir das séries de dados pluviográficos diários; geração de séries pluviográficas sintéticas diárias; cálculo da erosividade da chuva a partir das séries sintéticas; e avaliação dos resultados por meio de indicadores estatísticos.

3.1. Área de estudo

O trabalho foi realizado para o Brasil, baseando-se em regiões homogêneas, em termos de características da precipitação, propostas em Baena et al. (2005). Foi usada uma base digitalizada de 142 estações pluviográficas, pertencentes à base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cuja distribuição espacial é apresentada na Figura 3.1, e a caracterização das estações, apresentadas no Apêndice A.

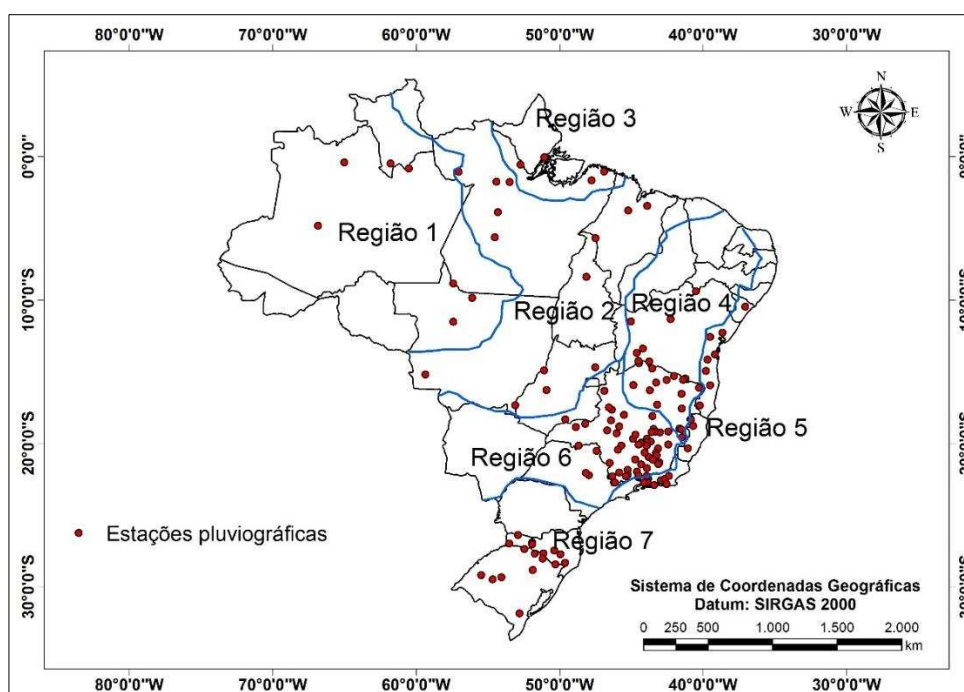


Figura 3.1 - Distribuição espacial das estações pluviográficas no Brasil, baseadas na divisão em regiões homogêneas, em termos de características da precipitação, segundo Baena et al. (2005).

3.2. Base de dados

As erosividades a partir de pluviogramas foram calculadas em base diária referentes ao período de dados disponível em cada estação (Apêndice A).

As erosividades estimadas por séries sintéticas foram calculadas, em base diária, e a partir do período-base de cada estação (Apêndice A) gerou-se séries com 100 anos de duração.

O gerador climático usado foi o ClimaBR 2.0 - Gerador de Séries Sintéticas de Dados Climáticos (Oliveira, et al., 2005a e b; Zanetti et al., 2005; Baena, et al., 2005), pois foi desenvolvido para as condições climáticas do Brasil, validado em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária por Zanetti et al. (2006), e as séries sintéticas produzidas (Figura 3.2a) possuem informações associadas à precipitação importantes para o cálculo da erosividade, como precipitação total diária, duração do evento, intensidade máxima instantânea de precipitação, tempo de ocorrência da intensidade máxima e parâmetros que caracterizam o perfil da precipitação (Figura 3.2b). As regiões homogêneas, em termos de características da precipitação, propostas em Baena et al. (2005) estão implementadas no gerador.

O ClimaBR usa alguns parâmetros estatísticos referentes a cada estação, como valores mensais da média, do desvio padrão e do coeficiente de assimetria da precipitação total diária, além dos valores de probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso sendo o dia anterior chuvoso e de probabilidade de ocorrência de um dia chuvoso sendo o dia anterior seco. Quando essas informações estatísticas não existiam para uma determinada estação, utilizou-se o módulo de inserção de dados pluviométricos diários do ClimaBR para o acréscimo dos dados obtidos do banco de dados da rede pluviométrica da Agência Nacional de Águas – ANA, possibilitando a geração da série sintética.

a.

ClimaBR 2.0
Entrada de dados Configurações Calcular Visualizar resultados Ajuda

Data	Precipitação(mm)	Duração(h)	$\bar{t}_i^*$	i_i (mm/h)	TMax(°C)	TMin(°C)	Rad(MJ/m2/dia)	VVento(m/s)	Umid(%)
01/01/01	1,0	1,34	0,331	2,6	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
02/01/01	2,9	3,89	0,126	5,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
03/01/01	12,8	2,87	0,329	39,2	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
04/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
05/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
06/01/01	6,3	3,81	0,390	12,6	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
07/01/01	1,8	1,93	0,057	1,4	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
08/01/01	0,6	1,60	0,915	4,3	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
09/01/01	7,7	1,27	0,328	21,4	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
10/01/01	22,5	12,96	0,468	19,4	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
11/01/01	6,4	3,70	0,065	4,3	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
12/01/01	11,9	1,01	0,009	20,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
13/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
14/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
15/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
16/01/01	0,0	0,00	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
17/01/01	18,5	0,89	0,396	29,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0
18/01/01	6,8	5,31	0,433	7,1	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0

Fechar

Visualizar resultados

b.

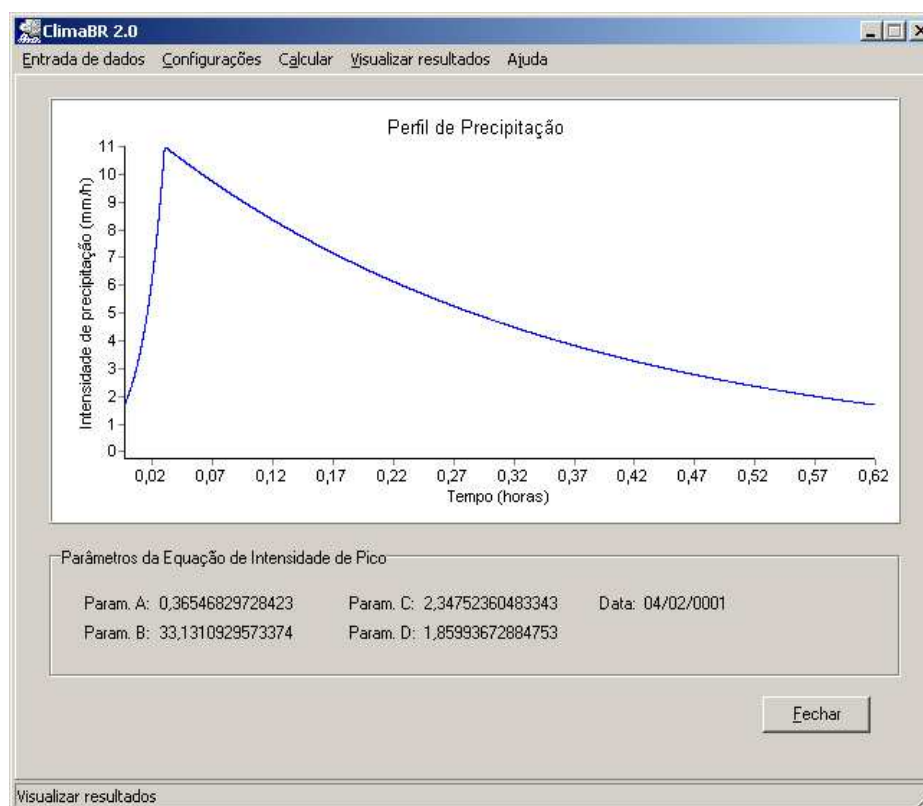


Figura 3.2 - Programa computacional ClimaBR: (a) série sintética; (b) perfil de precipitação.

3.3. Procedimento para o cálculo da erosividade das chuvas

Uma rotina computacional foi desenvolvida, com base nos critérios propostos por Wischmeier (1959) e Wischmeier e Smith (1958), e modificados por Cabeda (1976), para identificar, nas séries de dados, dia por dia, as chuvas consideradas erosivas, ou seja, aquelas que apresentam 10 mm ou mais de total precipitado. As chuvas com total precipitado inferior a 10 mm também foram consideradas erosivas, mas apenas quando a quantidade precipitada em 15 minutos fosse igual ou superior a 6 mm.

A rotina elaborada foi utilizada para analisar as séries, dia a dia, procurando chuvas com 10 mm ou mais, e chuvas com lâmina de 6 mm ou mais em 15 minutos, identificadas a partir do perfil de intensidade de precipitação (I). Uma vez identificada a chuva erosiva, calculou-se a energia cinética de minuto a minuto, pela equação 3.1, sugerida por Wischmeier e Smith (1958), até que se completasse a duração da chuva.

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (3.1)$$

em que,

EC = energia cinética, MJ ha⁻¹ mm⁻¹; e

I = intensidade da chuva, mm h⁻¹.

Uma condicionante, proposta por Foster et al. (1981), foi adicionada à rotina para que a equação 3.1 fosse aplicada quando a intensidade da chuva da série fosse inferior a 76 mm h⁻¹. Neste caso, a energia cinética adotada corresponde a 0,283 MJ ha⁻¹ mm⁻¹. A energia cinética associada à chuva de cada dia foi calculada pelo somatório das energias de cada minuto até totalizar a duração da chuva.

Para representar a erosividade da chuva (fator R) em cada dia, utilizou-se o índice de erosividade EI₃₀, representado pela equação 3.2, proposta por Wischmeier e Smith (1958). O EI₃₀ foi calculado pelo produto da energia cinética de cada dia pela intensidade de precipitação em 30 minutos (I₃₀), que foi calculada a partir das lâminas e tempos acumulados, em intervalos de 30. Assim, durante o evento de precipitação do dia, foi identificada a lâmina máxima precipitada em 30 minutos, calculando-se sua respectiva intensidade.

$$EI_{30} = EC.I_{30} \quad (3.2)$$

em que I_{30} é a intensidade máxima da chuva em 30 minutos consecutivos.

A erosividade mensal da chuva foi determinada pelo somatório dos valores diários dos índices EI_{30} das chuvas erosivas ocorridas em cada mês, divididos pelo número de anos da série e, a anual pelo somatório dos índices de cada mês.

3.1.1. Erosividade a partir de equações empíricas e dados pluviométricos

O uso de equações tem sido a forma mais usada no país para estimar a erosividade das chuvas, e foi usada para fins de comparação como o método que estima a partir de séries sintéticas.

O cálculo da erosividade a partir de equações foi baseada no estudo de diversos autores, e apresentados por Silva (2004), que propôs a divisão do país em oito regiões homogêneas (Figura 3.3), em termos de precipitação, tendo apresentado, para cada região, equações para estimação da erosividade com base em dados pluviométricos representativos das alturas pluviométricas médias históricas mensais e anuais (Tabela 3.1).

As equações das regiões 1, 2, 4, 6 e 7 foram estimadas a partir do modelo de Fourier, as das regiões 3 e 8 são modelos lineares, e a da região 5 é um modelo exponencial, em que, R_x é o fator R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) para o mês x , M_x é a precipitação média mensal (mm), e P é a precipitação média anual (mm). A erosividade anual ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) é dada pelo somatório dos fatores R de cada mês x .

Para que a comparação entre as erosividades estimadas a partir de séries sintéticas e equações pudesse ser feita, as erosividades calculadas pelas equações 6 e 7 apresentadas por Silva (2004) foram agrupadas para serem comparadas com as erosividades calculadas para região 6 proposta por Baena et al. (2005), e as calculadas pela equação 8 (Silva, 2004) comparadas com a região 7 (Baena et al., 2005).



Figura 3.3 - Divisão do Brasil em regiões homogêneas, em termos de características da precipitação, segundo Silva (2004).

Tabela 3.1 - Equações propostas para estimar a erosividade das chuvas (R_x) a partir da precipitação média mensal (M_x), e da precipitação média anual (P), apresentadas por Silva (2004)

Região	Equação	Localidade	Autor (es)
1	$R_x = 3,76 \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 42,77$	Manaus	Oliveira Jr. e Medina (1990)
2	$R_x = 36,849 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{1,0852}$	Sudoeste do Mato Grosso	Morais et al. (1991)
3	$R_x = (0,66M_x) + 8,88$	Leste do Pará	Oliveira Jr. (1988)
4	$R_x = 42,307 \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 69,763$	Juazeiro	Silva (2001)
5	$R_x = 0,13(M_x^{1,24})$	Nordeste	Leprun (1981)
6	$R_x = 12,592 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,6030}$	Lavras	Val et al. (1986)
7	$R_x = 68,73 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,841}$	Campinas	Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)
8	$R_x = 19,55 + (4,2M_x)$	Paraná	Rufino et al. (1993)

3.4. Avaliação dos resultados

A comparação entre as erosividades calculadas a partir de pluviogramas e a partir de séries sintéticas e equações foi feita de forma geral, e dentro de cada uma das sete regiões, em base mensal e anual, por meio do cálculo dos seguintes indicadores estatísticos: erro percentual absoluto médio (MAPE) (equação 3.3), erro absoluto médio (MAE) (equação 3.4), raiz do quadrado médio do erro (RMSE) (equação 3.5), e índice de concordância de Willmott (d) (equação 3.6).

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|O_i - E_i|}{O_i} \right)}{n} \cdot 100 \quad (3.3)$$

em que,

MAPE = erro percentual absoluto médio, %;

O_i = valor real, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

E_i = valor estimado, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; e

n = número de observações.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |E_i - O_i|}{n} \quad (3.4)$$

em que,

MAE = erro absoluto médio, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹.ano⁻¹.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (3.5)$$

em que RMSE é a raiz do quadrado médio do erro, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

O RMSE e o MAE são medidas de erros usados para representar as diferenças médias entre os valores estimados e os valores observados. O RMSE fornece uma informação em relação à dispersão dos dados, ou seja, o grau de espalhamento obtido na comparação com os valores estimados, sendo o MAE é menos sensível a valores extremos.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (3.6)$$

em que,

d = índice de concordância, adimensional;

$\bar{O}_i$ = média dos valores mensais reais, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

O índice de concordância de Willmott (d) é dado por uma aproximação matemática que avalia a exatidão e avalia o afastamento dos valores simulados em relação aos observados (Willmott, 1981), sendo a variação de zero (nenhuma concordância) a 1 (concordância perfeita).

3.5. Mapas de erosividade

Após a avaliação de desempenho do uso das séries sintéticas para estimar a erosividade foram gerados mapas de erosividade para o Brasil, em base mensal e anual.

Para a espacialização das erosividades mensais e anual foram avaliados os seguintes métodos de interpolação: Inverso da Potência da Distância (IPD), considerando-se as potências de 2 a 6; e Krigagem ordinária, simples e universal, considerando-se os modelos de semivariograma experimental esférico e exponencial.

A interpolação pelo IPD considera que o valor da variável a ser estimado em uma posição qualquer é calculado pelos “n” vizinhos mais próximos ponderados pelo inverso da sua distância elevada a uma potência, conforme equação 3.7 (Caruso e Quarta, 1998).

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{z_j}{d_{ij}^k} \right)}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{d_{ij}^k} \right)} \quad (3.7)$$

em que,

z_i = erosividade interpolada no ponto i, MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

d_{ij} = distância entre os pontos i e j ;

z_j = erosividade medida no ponto j , MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

n = número de postos usados na interpolação; e

k = potência utilizada.

Para a aplicação do método Krigagem ordinária primeiramente foi realizada uma análise estatística exploratória dos dados, a fim de se verificar alguma anormalidade nos dados de erosividade. Em seguida realizou-se a análise geoestatística, visando quantificar o grau de dependência espacial dos dados, através de um semivariograma experimental estimado pela equação 3.8, de acordo com a metodologia descrita por Vieira (2000).

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{z(x_i) - z(x_i + h)\}^2 \quad (3.8)$$

em que,

$\hat{\gamma}(h)$ = semivariância estimada para uma distância h ;

$N(h)$ = número de pares de erosividade (z) separados por uma distância h ;

x_i e x_i+h = locais de amostragens separados por uma distância h ; e

$z(x_i)$ e $z(x_i+h)$ = valores de erosividade medidos nos locais correspondentes.

Os semivariogramas avaliados foram obtidos pelos modelos esférico e exponencial, descritos pelas equações 3.9, 3.10, respectivamente.

$$\hat{\gamma}(h) = c_0 + c_1 \left\{ \frac{3h}{2a} - 1/2(h/a)^3 \right\} \quad (3.9)$$

$$\hat{\gamma}(h) = c_0 + c_1 \{1 - \exp(-h/a)\} \quad (3.10)$$

em que,

h = distância máxima em que o semivariograma é definido;

C_0 = efeito pepita (ponto de interseção da curva com o eixo y);

C_1 = patamar; e

a = alcance do semivariograma.

A verificação da acurácia dos interpoladores para espacializar a erosividade mensal e anual foi realizada por meio da validação cruzada (Robinson e Metternicht, 2006). Para tal aplicação, foi necessário que uma estação (erosividade) fosse extraída, obtendo-se assim o seu valor estimado (E_i) para em seguida, compará-lo com o valor real (O_i) da variável. Este procedimento foi realizado para cada um das 142 estações com o auxílio do software ArcGIS® 10.1.

A avaliação de desempenho dos interpoladores foi realizada a partir dos indicadores estatísticos descritos no item 3.4.1.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da erosividade

Os valores de erosividade, em base mensal e anual, reais e estimados a partir das séries sintética e por equações estão apresentados no Anexo B.

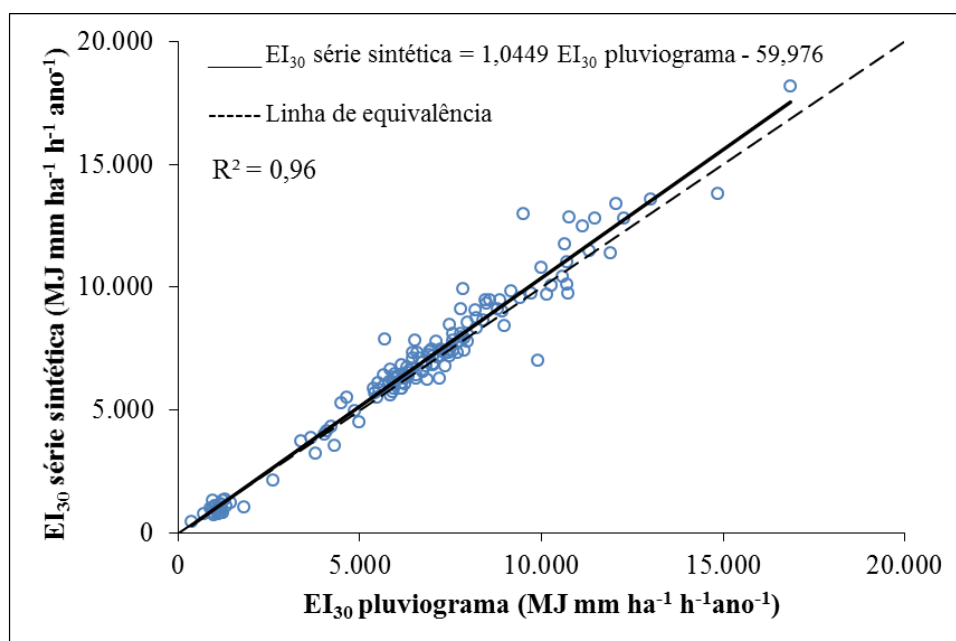
Na Tabela 4.1 estão apresentados o desempenho dos métodos para estimar a erosividade (R) por meio de séries pluviográficas sintéticas (SS) e equações (Tabela 3.1) para o Brasil, em escala mensal e anual. Na Figura 4.1 estão apresentadas os gráficos das relações entre as erosividades anuais reais e estimadas, por séries sintéticas de precipitação e equações, para o Brasil.

Tabela 4.1 - Desempenho dos métodos para estimar a erosividade mensal e anual, por séries sintéticas (SS) de precipitação e equações para o Brasil, por meio do erro percentual absoluto médio (MAPE), erro absoluto médio (MAE), raiz do quadrado médio do erro (RMSE), e índice de concordância de Willmott (d)

	MAPE		MAE		RMSE		d	
	%		MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹					
	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações
JAN	17,77*	143,05*	127,06	411,13	181,35	581,52	0,97	0,65
FEV	17,06*	83,99*	118,96	289,20	168,59	389,14	0,97	0,80
MAR	18,76*	96,11*	124,53	316,29	170,79	508,01	0,98	0,81
ABR	21,11*	109,27*	90,04	225,24	139,55	393,56	0,98	0,85
MAI	35,82*	193,90*	72,14	167,22	124,27	312,69	0,98	0,88
JUN	61,50*	344,44*	53,46	136,71	78,57	279,90	0,98	0,82
JUL	43,45*	423,64*	39,35	111,23	74,85	213,20	0,98	0,84
AGO	36,78*	346,03*	46,41	104,85	82,78	157,45	0,95	0,86
SET	30,22**	235,20*	51,64	115,79	70,28	148,18	0,97	0,87
OUT	25,17**	89,98*	92,70	180,57	128,96	228,48	0,94	0,75
NOV	17,86*	132,85*	111,65	329,20	148,39	521,42	0,96	0,52
DEZ	12,32*	131,51*	105,99	468,23	152,18	710,28	0,98	0,59
ANUAL	8,72*	103,00*	475,56	1940,04	713,16	2762,58	0,99	0,73

* O método tende a superestimar; ** O método tende a subestimar.

Série sintética



Equações

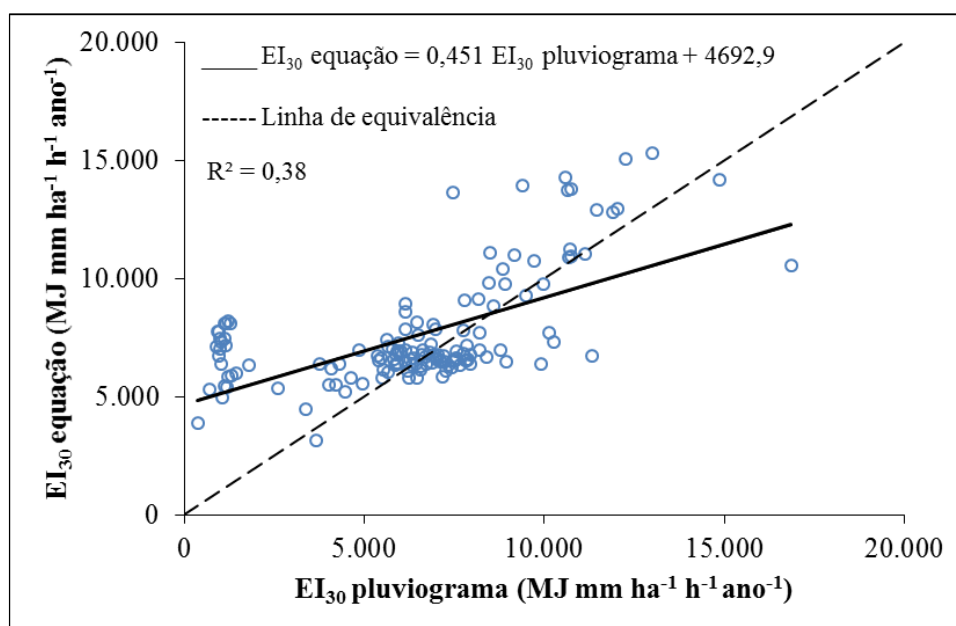


Figura 4.1 – Relações entre as erosividade anuais (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) calculadas por pluviogramas e estimadas por séries sintéticas e equações.

Para o método que estima a erosividade por séries sintéticas, observa-se que, de maneira geral, os valores do MAPE são mais baixos. Os maiores valores são observados nos meses de maio a setembro, pois a erosividade nesses meses é mais baixa, e qualquer desvio na erosividade significa uma proporção maior em relação ao

total previsto; porém, isso não é um problema, pois os valores do MAE e RMSE são os menores. Os valores de d observados são altos ($> 0,95$), demonstrando o bom desempenho do método para estimar a erosividade, principalmente para valores anuais.

Para o método que estima por equações, observa-se, de maneira geral, que os valores do MAPE são mais altos, mesmo nos meses em que a erosividade é alta, e isso é preocupante, pois as grandes variações da erosividade influenciam muito em relação ao total previsto, além de superestimar os valores anuais em mais de 100%. Os maiores valores são observados nos meses de maio a setembro, meses com os menores valores de MAE e RMSE. Os valores de d observados são baixos ($< 0,75$) nos meses de janeiro, dezembro, e em escala anual.

Observa-se na Figura 4.1 que o método que estima a erosividade a partir de séries sintéticas de precipitação apresentou baixa dispersão dos índices de erosividade reais em relação aos estimados, maior coeficiente de determinação (0,96), e maior proximidade da linha de tendência dos valores em relação à linha de equivalência (reta 1:1), em comparação ao método que estima a partir de equações, que apresentou alta dispersão dos dados, baixo coeficiente de determinação (0,38), e grande afastamento da linha de tendência dos valores em relação à linha de equivalência.

Comparando-se as duas metodologias para estimar a erosividade, tanto em base mensal quanto anual, aquela que estima a partir de séries sintéticas apresentou melhor desempenho para o Brasil.

Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que no método baseado no uso de séries sintéticas é proposta a segmentação do perfil de precipitação, de minuto a minuto, proporcionando uma caracterização mais detalhada da energia cinética de cada dia de chuva erosiva, resultando valores de erosividade mais próximos dos reais, enquanto o método que usa equações a análise é feita baseada em totais mensais médios de precipitação.

Outro aspecto a ser levado em consideração é de que o método que usa equações, tende a superestimar para baixas erosividades, e subestimar para altas erosividades, tanto em base mensal, quanto em anual, o que representa, em termos de fator R da USLE e RUSLE, um aumento proporcional nas perdas de solo estimadas. Essas informações, por sua vez, quando consideradas no dimensionamento de obras de conservação de solo e água, como espaçamento entre terraços agrícolas, canais de escoamento, e obras de engenharia hidráulica, trazem como consequência, o

dimensionamento superestimado de uma determinada obra, o que implica em maior segurança para resistir aos eventos pluviais, porém com maiores custos associados.

Na Tabela 4.2 estão apresentados o desempenho dos métodos para estimar a erosividade, mensal e anual, por série sintéticas de precipitação e equação para as regiões de 1 a 7. Na Figura 4.2 estão apresentados as relações entre as erosividade anuais, reais e estimadas, por séries sintéticas de precipitação e por equações, para as mesmas regiões.

Tabela 4.2 - Desempenho dos métodos para estimar a erosividade mensal e anual, por séries sintéticas (SS) de precipitação e equações para as regiões de 1 a 7, por meio do erro percentual absoluto médio (MAPE), erro absoluto médio (MAE), raiz do quadrado médio do erro (RMSE), e índice de concordância de Willmott (d)

	MAPE		MAE		RMSE		d	
	%		MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹					
	SS	Euações	SS	Euações	SS	Euações	SS	Euações
Região 1								
JAN	7,03*	38,91*	78,46	470,84	88,56	556,21	0,99	0,84
FEV	8,75*	19,27*	94,31	210,27	110,47	254,58	0,99	0,97
MAR	12,18*	28,82*	159,93	418,44	171,47	477,84	0,97	0,84
ABR	11,21*	24,16*	122,30	268,76	139,90	275,22	0,97	0,86
MAI	15,94**	62,87*	117,73	414,04	137,11	754,21	0,99	0,71
JUN	24,72*	379,60*	110,74	657,34	134,98	980,35	0,99	0,67
JUL	31,79*	426,30*	103,36	526,37	138,26	666,40	0,98	0,65
AGO	23,40*	182,20*	97,62	328,48	120,03	348,88	0,97	0,78
SET	19,43**	28,18**	125,20	181,12	138,08	211,64	0,76	0,37
OUT	13,71*	24,29**	115,66	196,17	122,35	242,94	0,85	0,56
NOV	16,41*	23,79**	168,97	296,00	175,05	437,46	0,93	0,56
DEZ	7,56*	25,84**	120,84	381,02	135,88	509,74	0,98	0,82
ANUAL	7,27*	18,46*	877,39	2131,87	978,60	2382,16	0,84	0,47
Região 2								
JAN	13,53*	40,37*	182,19	527,46	202,00	627,76	0,90	0,62
FEV	14,49*	37,39*	178,36	481,60	217,20	586,90	0,81	0,55
MAR	14,37*	60,54*	208,23	936,17	246,19	1273,65	0,96	0,59
ABR	18,29*	81,42*	156,90	765,49	181,04	1092,98	0,98	0,65
MAI	36,03*	67,68**	149,54	458,22	175,77	654,24	0,99	0,79
JUN	66,47**	78,64**	97,76	176,56	117,20	256,42	0,97	0,78
JUL	57,79*	136,29**	66,63	131,21	100,99	192,64	0,97	0,80
AGO	46,69*	79,15**	87,51	126,13	115,04	151,64	0,80	0,50
SET	28,68**	75,57**	74,17	213,77	86,88	250,96	0,92	0,48

Continua...

...continuação

	MAPE		MAE		RMSE		d	
	%		MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹					
	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações
Região 1								
OUT	30,98*	66,89**	188,42	366,66	236,31	425,65	0,88	0,66
NOV	18,90**	51,57**	154,73	374,85	177,66	448,22	0,96	0,83
DEZ	16,78*	49,58*	126,74	518,96	144,28	619,68	0,97	0,77
ANUAL	6,94*	23,48*	681,65	2285,23	762,25	3020,79	0,97	0,35
Região 3								
JAN	28,17*	5,87**	318,87	66,95	327,81	74,35	0,19	0,68
FEV	18,86*	13,22**	264,14	259,52	288,29	392,20	0,89	0,58
MAR	25,58*	6,19*	459,69	106,95	554,88	125,44	0,64	0,96
ABR	35,55*	22,29*	505,13	258,74	543,83	334,38	0,70	0,67
MAI	35,16*	14,96*	401,38	176,39	506,27	235,56	0,21	0,62
JUN	29,03*	24,41*	211,11	172,17	213,15	175,56	0,54	0,59
JUL	41,19*	28,62*	199,99	158,14	232,69	172,69	0,16	0,70
AGO	58,54*	71,30*	216,06	270,76	243,08	328,43	0,43	0,31
SET	25,61**	93,29**	79,41	147,15	91,75	156,24	0,86	0,52
OUT	48,24**	48,44**	143,08	163,03	184,32	207,23	0,71	0,65
NOV	36,38**	38,25**	137,17	141,31	184,59	179,10	0,75	0,76
DEZ	17,04*	34,53**	61,22	184,02	65,16	209,66	0,98	0,71
ANUAL	17,33*	3,94*	1757,41	389,77	2156,06	537,81	0,43	0,86
Região 4								
JAN	38,72*	753,51*	51,82	1103,35	69,32	1165,66	0,54	0,06
FEV	27,74**	395,85*	44,06	538,44	58,22	569,49	0,56	0,12
MAR	37,20**	468,67*	48,85	545,19	61,51	569,73	0,43	0,11
ABR	34,33*	466,59*	15,59	178,05	18,47	188,53	0,64	0,13
MAI	53,83**	802,86*	5,96	92,65	7,20	107,85	0,50	0,08
JUN	49,13**	1327,93*	30,42	80,15	49,93	117,87	0,45	0,27
JUL	57,40*	1598,99*	2,00	129,01	3,15	228,97	0,55	0,00
AGO	40,20**	1541,95*	45,50	82,85	110,93	110,48	0,32	0,22
SET	55,90*	1119,01*	4,23	78,42	5,38	79,15	0,91	0,18
OUT	41,56**	345,85*	39,19	250,41	45,87	267,73	0,62	0,25
DEZ	11,62*	681,92*	24,71	1483,72	30,87	1546,39	0,94	0,07
ANUAL	16,77**	545,90*	186,49	5599,94	239,59	5709,82	0,72	0,06
Região 5								
JAN	27,92*	34,66**	224,70	267,95	330,09	395,15	0,89	0,81
FEV	23,62*	24,61**	182,92	215,10	270,50	367,57	0,90	0,73
MAR	19,89*	21,27**	134,23	161,44	159,28	225,08	0,92	0,76
ABR	20,71*	46,41*	99,90	186,63	130,18	251,63	0,92	0,55
MAI	43,29**	230,11*	71,90	217,62	93,82	339,67	0,91	0,52

Continua...

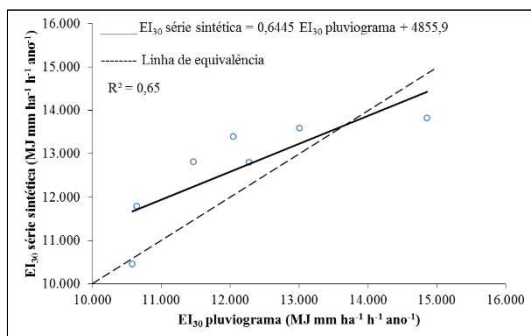
...continuação

	MAPE		MAE		RMSE		d	
	%		MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹					
	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações	SS	Equações
Região 1								
JUN	68,53**	438,87*	60,63	187,93	74,64	272,67	0,92	0,48
JUL	44,61**	511,12*	31,07	82,67	42,28	140,77	0,96	0,65
AGO	42,55**	316,07*	25,00	126,62	32,26	159,56	0,93	0,47
SET	39,04**	166,02*	49,92	144,43	60,59	169,01	0,87	0,43
OUT	29,26**	76,25*	72,46	133,27	97,87	161,74	0,80	0,58
NOV	20,28**	25,43*	141,54	163,52	211,47	214,65	0,79	0,79
DEZ	18,20*	28,90*	181,02	272,09	262,54	378,76	0,93	0,79
ANUAL	12,37*	30,69*	720,29	1473,96	1044,17	1709,20	0,93	0,67
Região 6								
JAN	8,75*	19,31**	112,64	253,22	141,65	311,27	0,92	0,33
FEV	11,18*	22,90**	100,51	225,36	125,75	291,89	0,94	0,49
MAR	11,58*	19,28**	105,06	194,95	127,94	251,28	0,91	0,52
ABR	19,34**	33,75**	75,16	146,62	95,78	180,21	0,83	0,43
MAI	33,04**	42,54**	44,93	81,44	58,76	104,66	0,85	0,52
JUN	82,06*	72,93**	25,56	20,45	33,05	25,81	0,79	0,79
JUL	41,81**	128,15*	17,26	32,41	22,47	57,60	0,83	0,29
AGO	36,61**	60,34**	22,42	27,76	28,67	34,74	0,75	0,60
SET	22,52**	35,57**	43,31	65,42	54,42	82,39	0,89	0,65
OUT	17,26**	24,65*	88,06	120,40	116,66	153,76	0,79	0,33
NOV	12,07*	16,34**	106,93	153,46	130,45	211,09	0,90	0,61
DEZ	8,42*	21,07*	112,89	265,08	142,77	331,60	0,94	0,38
ANUAL	3,81*	12,22**	259,48	900,09	325,35	1200,15	0,98	0,38
Região 7								
JAN	12,95*	19,24**	92,94	139,74	105,67	169,04	0,91	0,67
FEV	19,24*	18,66**	132,11	139,33	171,73	194,21	0,67	0,35
MAR	20,71*	16,05**	117,71	98,02	138,43	120,04	0,76	0,56
ABR	13,05*	31,59*	63,72	128,46	83,61	147,14	0,94	0,74
MAI	20,85*	35,37*	90,52	149,00	113,80	166,59	0,93	0,77
JUN	23,21*	91,69*	69,97	272,41	89,81	289,62	0,85	0,41
JUL	23,34*	54,11*	83,25	178,02	115,03	225,94	0,83	0,37
AGO	19,20*	72,40*	56,41	208,22	74,81	242,36	0,96	0,51
SET	17,97*	40,03*	87,70	179,84	102,39	201,32	0,82	0,55
OUT	19,12*	34,30*	103,40	184,16	136,85	210,27	0,85	0,66
NOV	26,06*	19,56*	138,08	93,34	159,43	119,66	0,74	0,74
DEZ	16,15**	12,14**	93,07	78,24	131,00	115,79	0,72	0,76
ANUAL	9,65*	16,55*	643,85	1018,19	735,36	1205,39	0,91	0,71

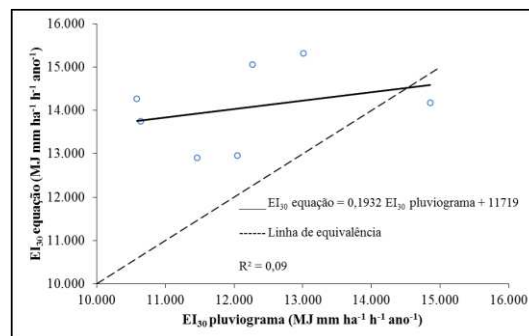
* O modelo superestima; ** O modelo subestima.

Série sintética

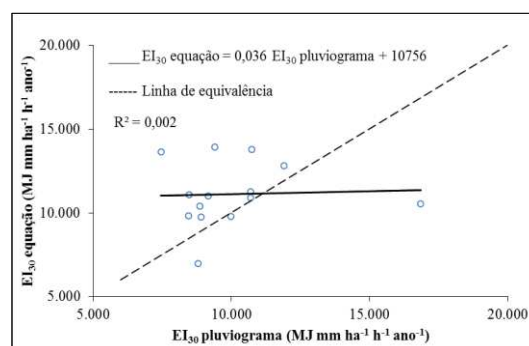
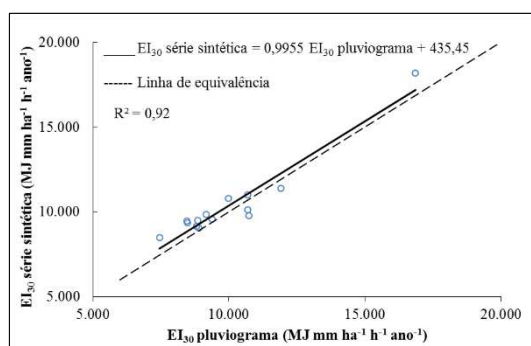
Região 1



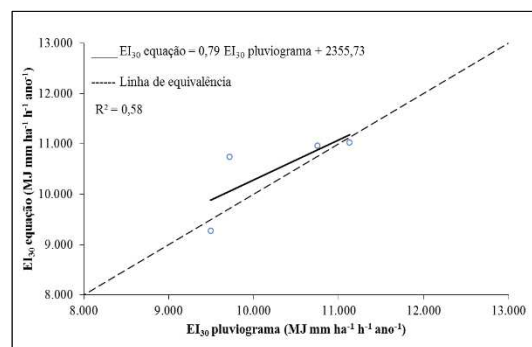
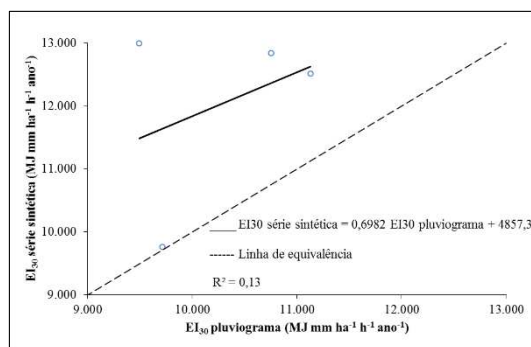
Equação



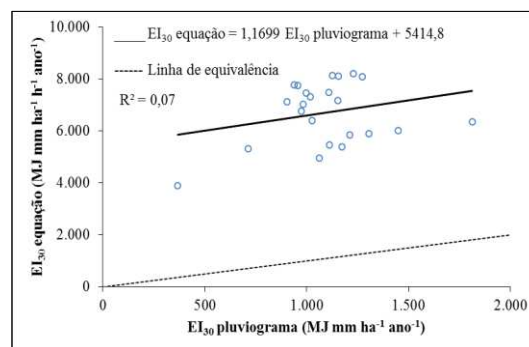
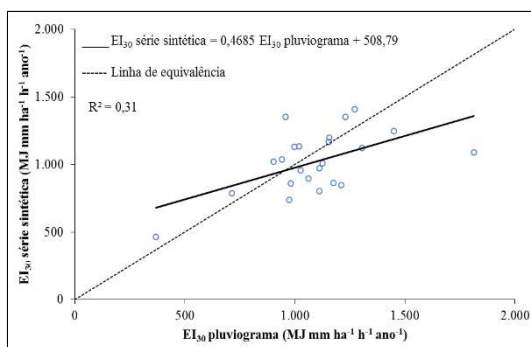
Região 2



Região 3



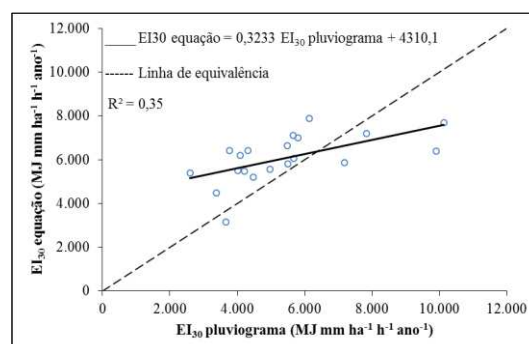
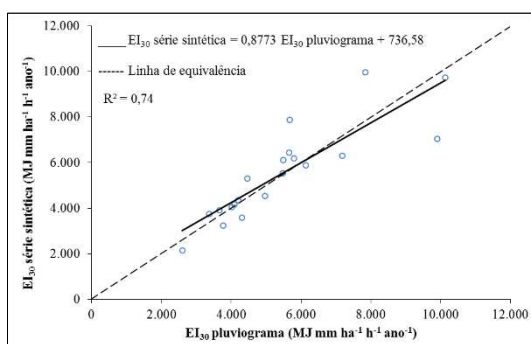
Região 4



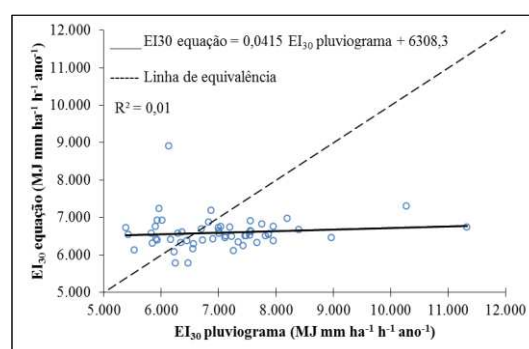
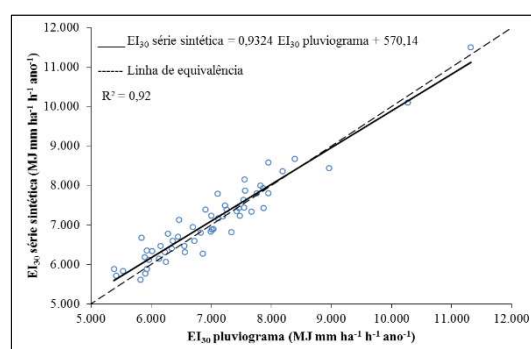
Continua...

...continuação

Região 5



Região 6



Região 7

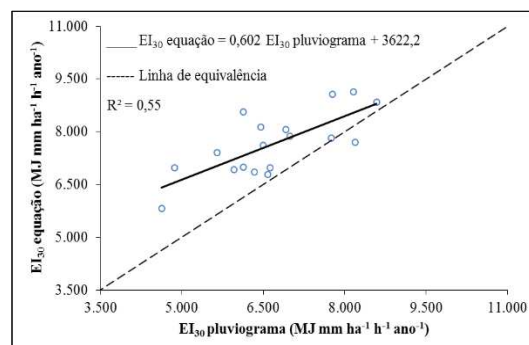
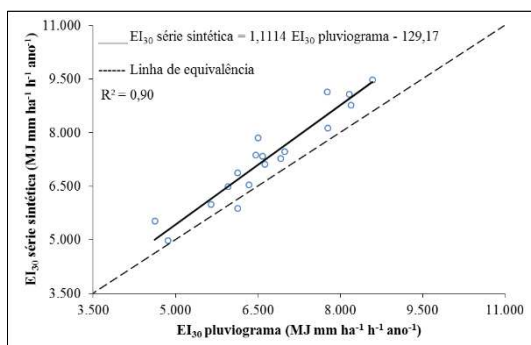


Figura 4.2 – Relações entre as erosividade anuais ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), estimadas, por pluviogramas e por séries sintéticas de precipitação e equações, para as regiões 1a 7 do Brasil.

Nas regiões 1, 2, 5, 6 e 7, observa-se uma tendência de comportamento semelhante à apresentada para o Brasil (Tabela 4.1).

Na região 3, o método que usa séries sintéticas apresentou, de maneira geral, os valores do MAPE medianos, exceto para os meses de fevereiro e dezembro, em escala anual. Os maiores valores são observados nos meses de julho, agosto e outubro,

meses em que se observa as menores erosividades, e MAE e RMSE. Os valores de d observados são baixos ($< 0,75$), exceto para os meses de fevereiro e dezembro, meses em que houve melhor desempenho para estimar a erosividade. Para valores anuais, o método não apresentou bom desempenho.

Para o método que estima por equações, observa-se, de maneira geral, que os valores do MAPE são baixos, exceto para os meses de agosto e setembro. Os valores do MAE e RMSE são menores no mês de janeiro, e os valores de d observados são baixos ($< 0,75$), exceto para os meses de março, novembro, e em escala anual, quando foi caracterizado um bom desempenho.

Na região 4 o método que usa séries sintéticas apresentou, de maneira geral, os valores do MAPE medianos, exceto para o mês de dezembro, e em escala anual. Os maiores valores são observados nos meses de maio a outubro, meses em que se observa as menores erosividades, e os menores valores de MAE e RMSE. Os valores de d observados são baixos ($< 0,75$), exceto para os meses de setembro e dezembro, em que demonstrou bom desempenho para estimar a erosividade. Para valores anuais, o método também não apresentou bom desempenho.

Para o método que estima por equações observa-se, de maneira geral, que os valores do MAPE, MAE e RMSE são altos, principalmente nos meses de maior erosividade. Os valores de d observados são baixos ($< 0,75$) em todos os meses, e em escala anual, demonstrando que o método não apresentou bom desempenho.

Observa-se que em todas as regiões, exceto na região 3, o método que estima a erosividade a partir de séries sintéticas apresentou menor dispersão dos valores e maior proximidade da linha de tendência em relação à linha de equivalência (reta 1:1), seguindo a mesma tendência apresentada para o Brasil.

Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que as equações propostas para representar a erosividade das regiões foram ajustadas para uma única localidade, ou um pequeno conjunto de localidades, não sendo, portanto, válidas para representar a erosividade das regiões. Este fato também pode ser observado em vários estudos: Oliveira Jr. e Medina (1990) ajustaram uma equação para estimar a erosividade das chuvas para Manaus - AM, assumindo-a como válida para toda a região 1; Moraes et al. (1991) ajustaram uma equação para o sudoeste de Mato Grosso assumindo-a para toda a região 2; Silva (2001) ajustou uma equação para Juazeiro - BA adotando-a para toda a região 4; Leprun (1981) ajustou uma equação para uma região do nordeste, que foi assumida para toda a região 5; Val et al. (1986) e Lombardi

Neto e Moldenhauer (1992) ajustaram equações para Lavras-MG e Campinas-SP, respectivamente, que são assumidas para toda a região 6; e Rufino et al. (1993) ajustaram uma equação para o Paraná, assumindo-a para toda a região 7.

Considerando, entretanto, que a erosividade da chuva é influenciada pela precipitação pluvial, e esta por sua vez, por fatores físico-geográficos, como posição, extensão latitudinal e relevo, deve-se esperar que, em grandes extensões territoriais, o regime de chuva não seja muito homogêneo, embora tenha sido considerado por Silva (2004), e que também pode ser evidenciado em Keller Filho et al. (2005), que identificaram 25 zonas pluviometricamente homogêneas, localizadas em seis áreas representativas da diversidade climática do território brasileiro, evidenciando que regiões como 1, 2 (apenas o estado do Pará) e 3 são homogêneas, que as regiões 2 (estados do Mato Grosso, Goiás e Tocantins) e 4 (norte de Minas Gerais) são homogêneas, que a região 4 (exceto o norte de Minas Gerais) e a parte norte da região 5 são homogêneas, a parte sul da região 5 apresenta um comportamento distinto, e apenas nas regiões 6 e 7 o comportamento foi similar ao apresentado nesse estudo.

O comportamento na região 3 pode ser explicado pelo fato de ser a menor nas regiões, e por apresentar duas estações localizadas nos municípios de Bragança e São Domingos do Capim, que estão representadas pelos dois pontos da parte superior do gráfico apresentado na Figura 4.2. Tais estações estão localizadas justamente na região leste do Pará, região para a qual Oliveira Jr. (1988) ajustou uma equação que é assumida para representar toda a região.

4.2. Espacialização da erosividade

Na Tabela 4.3 estão apresentados o desempenho dos interpoladores das erosividades, mensal e anual, estimadas por séries sintéticas de precipitação para o Brasil.

Os resultados do interpolador IPD com potências 3, 4, 5 e 6, não são apresentados, pois não houve diferenças em relação à potência 2, sendo este melhor.

De maneira geral, os valores do MAPE de todos os métodos são baixos. Os maiores valores do MAE e RMSE são observados nos meses de maio a agosto, e os menores observados nos meses de junho a setembro. Os valores de d obtidos são altos, demonstrando o bom desempenho dos métodos de interpolação.

Tabela 4.3 - Desempenho dos interpoladores das erosividades, mensal e anual, estimadas por série sintéticas por meio do erro percentual absoluto médio (MAPE), erro absoluto médio (MAE), raiz do quadrado médio do erro (RMSE), e índice de concordância de Willmott (d)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
IPD2													
MAPE	28,61*	30,42**	32,95**	39,54**	59,36**	134,36*	181,54**	218,60*	61,25**	50,56**	40,37**	31,17*	24,53**
EAM	198,43	175,95	206,28	138,66	119,89	67,81	65,64	50,55	62,77	114,68	168,47	202,34	1015,54
REQM	260,09	235,38	315,65	236,84	248,33	138,23	133,44	89,64	97,43	177,27	253,88	278,6	1404,06
d	0,93	0,93	0,91	0,94	0,91	0,94	0,93	0,95	0,93	0,87	0,86	0,92	0,95
Krigagem Ordinária – modelo de semivariograma esférico													
MAPE	30,93**	38,36**	38,47**	75,32**	129,70**	226,56**	339,00**	560,13**	61,95*	46,09*	38,94**	30,03**	30,41**
EAM	193,41	198,04	219,23	160	138,78	65,49	73,84	56,09	61,53	108,88	171,8	199,13	1118,45
REQM	260,32	264,79	342,1	270,09	270,22	134,08	140,32	99,4	92,53	160,03	254,23	277,18	1578,81
d	0,93	0,91	0,89	0,91	0,88	0,93	0,90	0,92	0,94	0,90	0,86	0,92	0,94
Krigagem Ordinária – modelo de semivariograma exponencial													
MAPE	31,83**	33,97*	36,41**	72,79**	132,67**	192,46**	339,00**	337,13**	60,74*	51,51*	40,17**	30,44**	25,97**
EAM	190,69	175,71	213,27	161,78	136,3	81,19	73,84	60,12	60,89	114,99	168,96	191,2	993,05
REQM	253,36	236,19	335,59	263	266,32	166,77	140,32	111,51	92,71	165,62	251,79	266,67	1406,52
d	0,93	0,93	0,89	0,92	0,89	0,88	0,90	0,91	0,94	0,90	0,86	0,93	0,95
Krigagem Simples – modelo de semivariograma esférico													
MAPE	35,91**	51,69**	53,00**	78,27**	136,74*	263,74*	543,00*	409,31*	105,84*	77,74**	61,08**	37,32*	54,75**
EAM	200,95	219,59	253,22	188,88	142,72	88,68	89,78	64,01	72,38	135,86	198,77	207,07	1458,58
REQM	268,3	291,98	392,59	313,03	249,96	160,23	148,22	102,72	105,64	189,38	277,93	292,24	1985,95
d	0,92	0,87	0,8	0,85	0,9	0,89	0,88	0,91	0,9	0,81	0,79	0,91	0,85
Krigagem Simples – modelo de semivariograma exponencial													
MAPE	45,71*	51,05**	52,37**	71,35**	127,27*	249,34*	493,49*	453,48*	103,24**	76,67**	60,51**	43,59*	53,43**
EAM	218,45	222,28	252,69	181,68	139,16	83,76	88,81	61,88	70,65	134,43	197,78	220,12	1420,73
REQM	285,28	299,32	394,42	311,62	256,11	161,42	152,94	100,44	104,48	189,52	279,03	307,17	1951,87
d	0,9	0,86	0,8	0,85	0,89	0,89	0,88	0,92	0,9	0,81	0,8	0,89	0,86
Krigagem Universal – modelo de semivariograma esférico													
MAPE	30,93**	38,36**	38,47**	75,32**	129,70**	226,56**	339,00**	560,13**	61,95*	46,09*	38,94**	30,03**	30,41**
EAM	193,41	198,04	219,23	160	138,78	65,49	73,84	56,09	61,53	108,88	171,8	199,13	1118,45
REQM	260,32	264,79	342,1	270,09	270,22	134,08	140,32	99,4	92,53	160,03	254,23	277,18	1578,81
d	0,93	0,91	0,89	0,91	0,88	0,93	0,9	0,92	0,94	0,9	0,86	0,92	0,94
Krigagem Universal – modelo de semivariograma exponencial													
MAPE	31,83**	33,97*	36,41**	72,79**	132,67**	192,46**	339,00**	337,13**	60,74*	51,51*	40,17**	30,44**	25,97**
EAM	190,69	175,71	213,27	161,78	136,3	81,19	73,84	60,12	60,89	114,99	168,96	191,2	993,05
REQM	253,36	236,19	335,59	263	266,32	166,77	140,32	111,51	92,71	165,62	251,79	266,67	1406,52
d	0,93	0,93	0,89	0,92	0,89	0,88	0,9	0,91	0,94	0,9	0,86	0,93	0,95

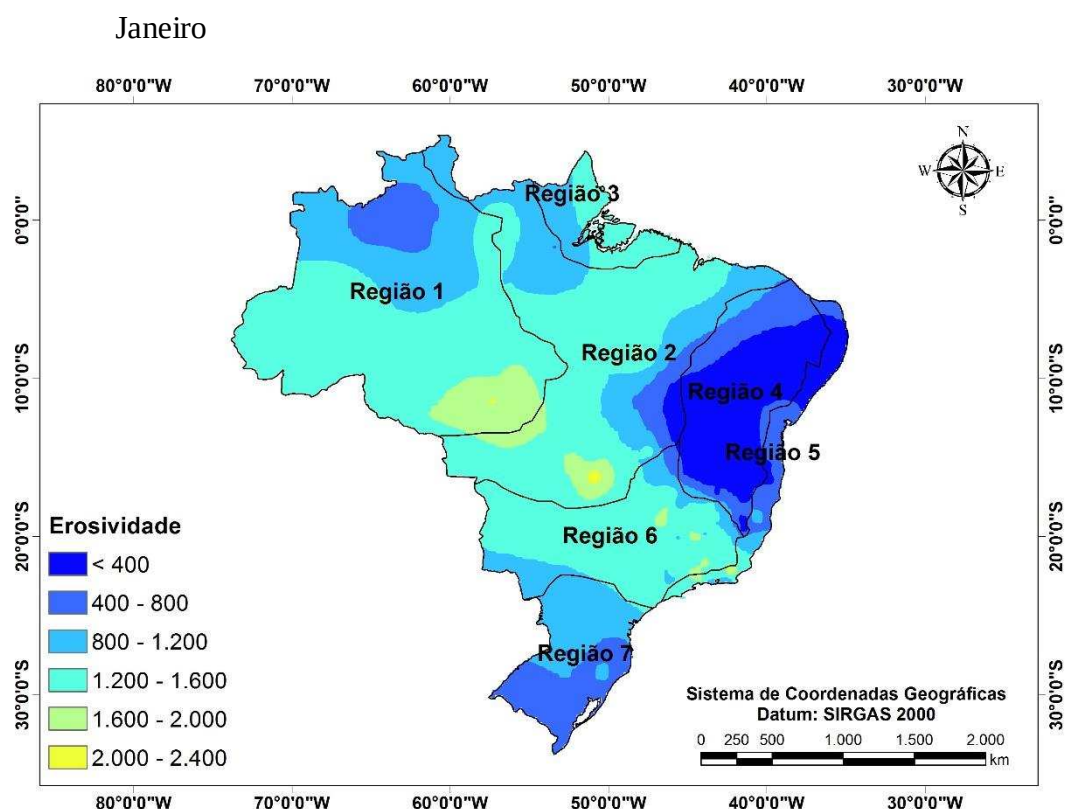
* O modelo superestima; ** O modelo subestima.

Observa-se que, de maneira geral, as diferenças entre os métodos de interpolação são pequenas. O interpolador IPD apresentou melhor desempenho, tanto em escala mensal, quanto anual, em relação aos interpoladores baseados em Krigagem ordinária (KO), simples (KS) e universal (KU), sob diferentes semivariogramas experimentais, esférico (ESF) e exponencial (EXP).

O bom desempenho do IPD é uma vantagem na modelagem da erosividade, pois trata-se de um método que se adequa bem a amostras de dados distribuídos de forma irregular, como é o caso. Além de ser um método rápido e simples para interpolar, se comporta como um interpolador exato, e exige com poucas decisões acerca dos parâmetros do modelo (Li e Heap, 2008).

O bom desempenho do interpolador IPD também pode ser comprovado em estudo de Elbasit et al. (2013), que avaliaram a variação espaço-temporal da erosividade da chuva na China, e Millward et al. (1999), que mapearam a erosividade na região do Algarve (sul de Portugal).

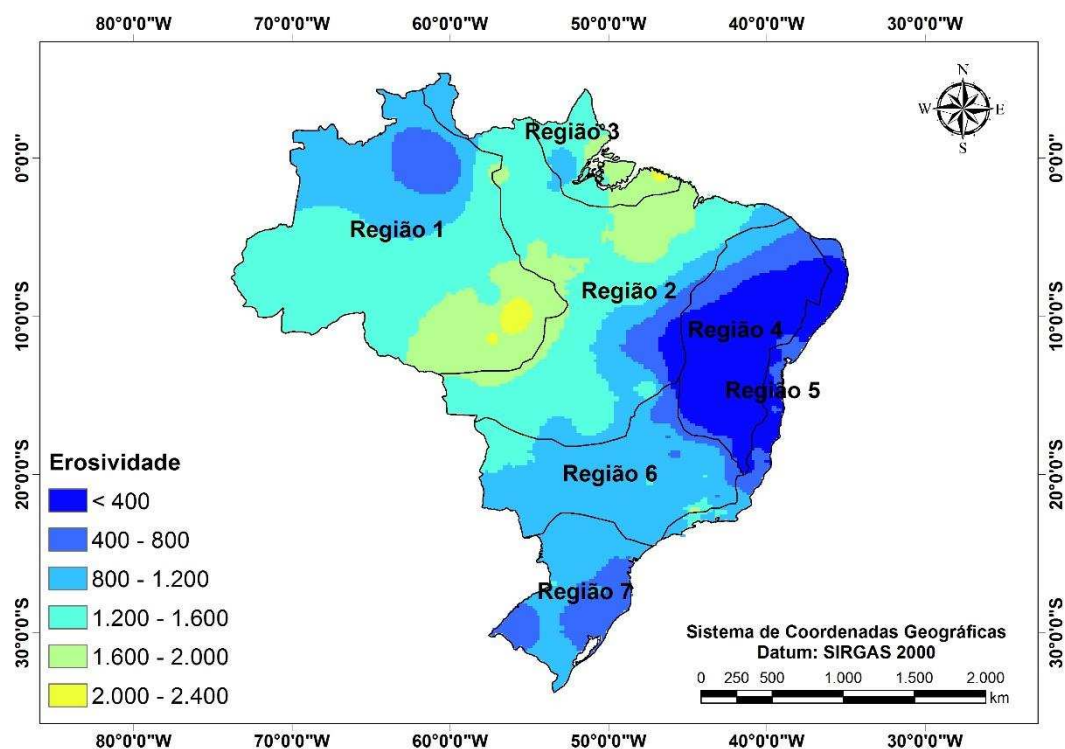
Na Figura 4.3 estão apresentadas as erosividades ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do Brasil nos meses de Janeiro a Dezembro. Na Figura 4.4 está apresentado o mapa temático de isoerosividade anual ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do Brasil.



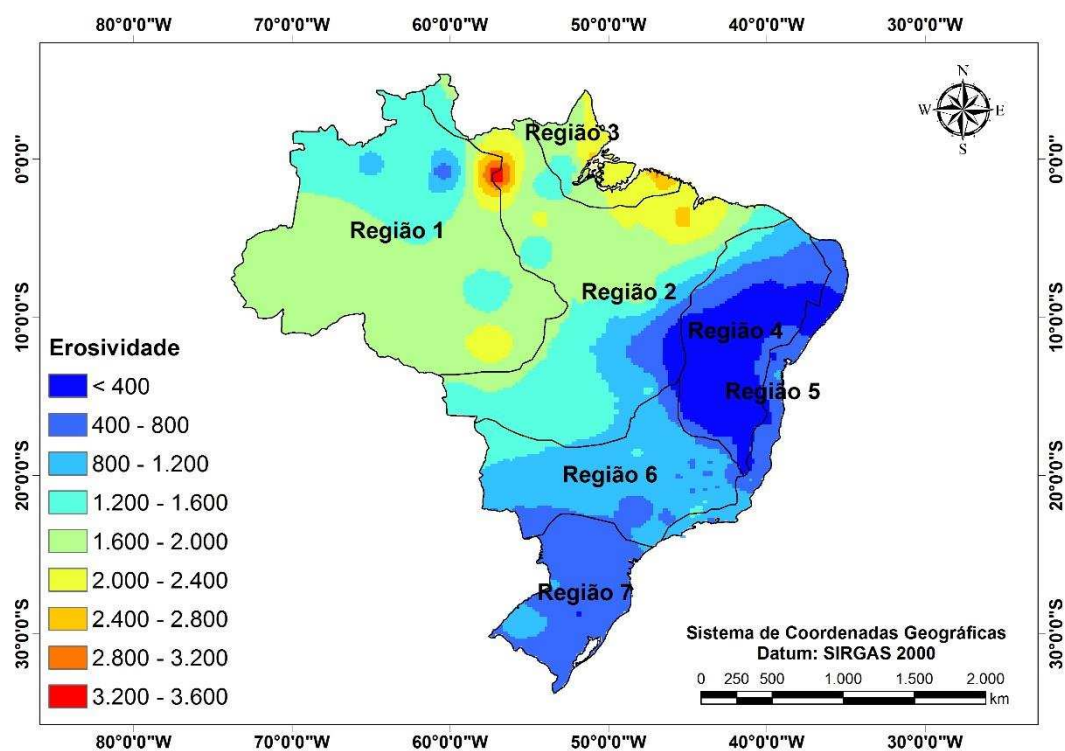
Continua...

...continuação

Fevereiro



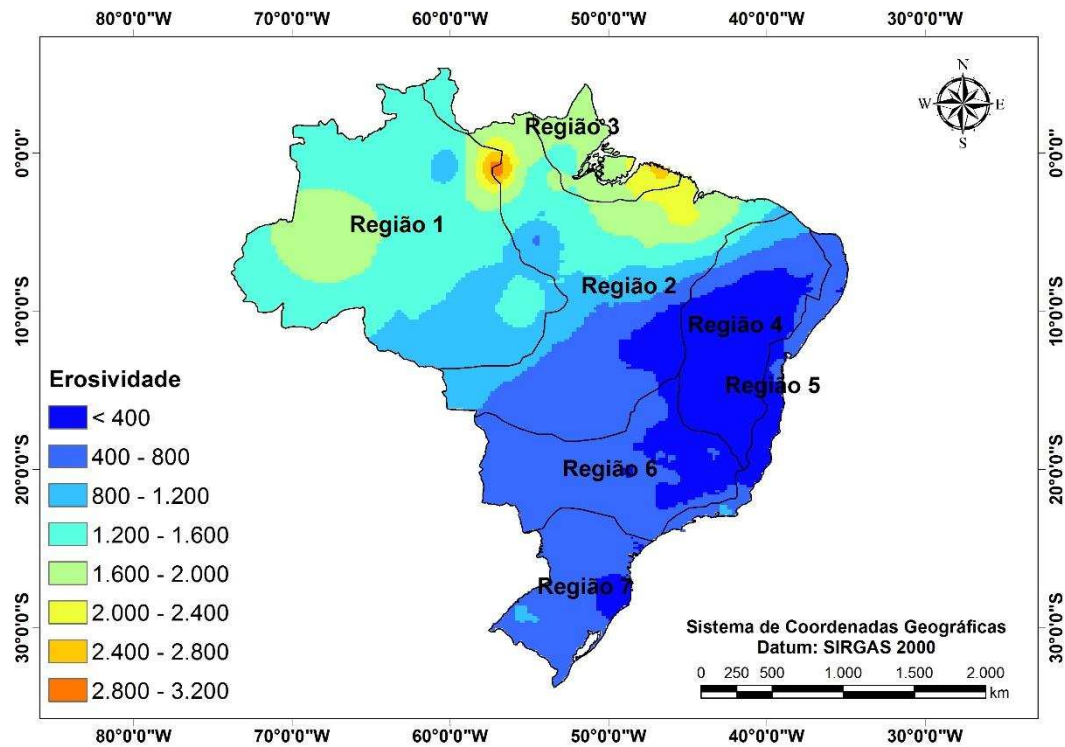
Março



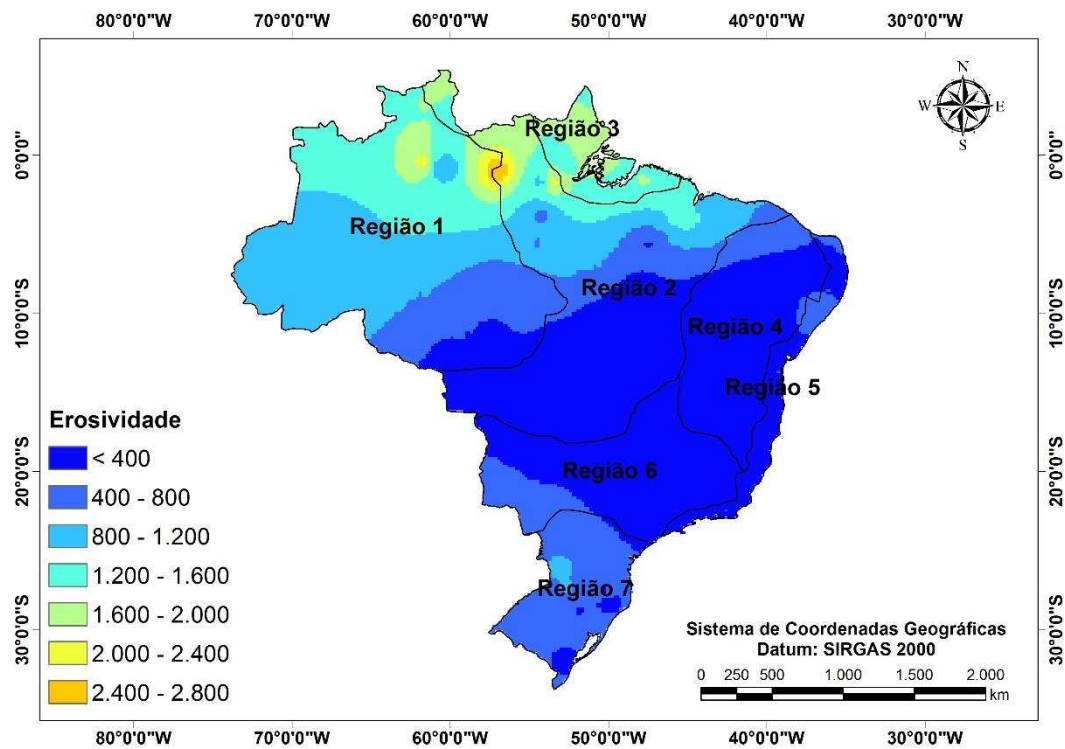
Continua...

...continuação

Abril



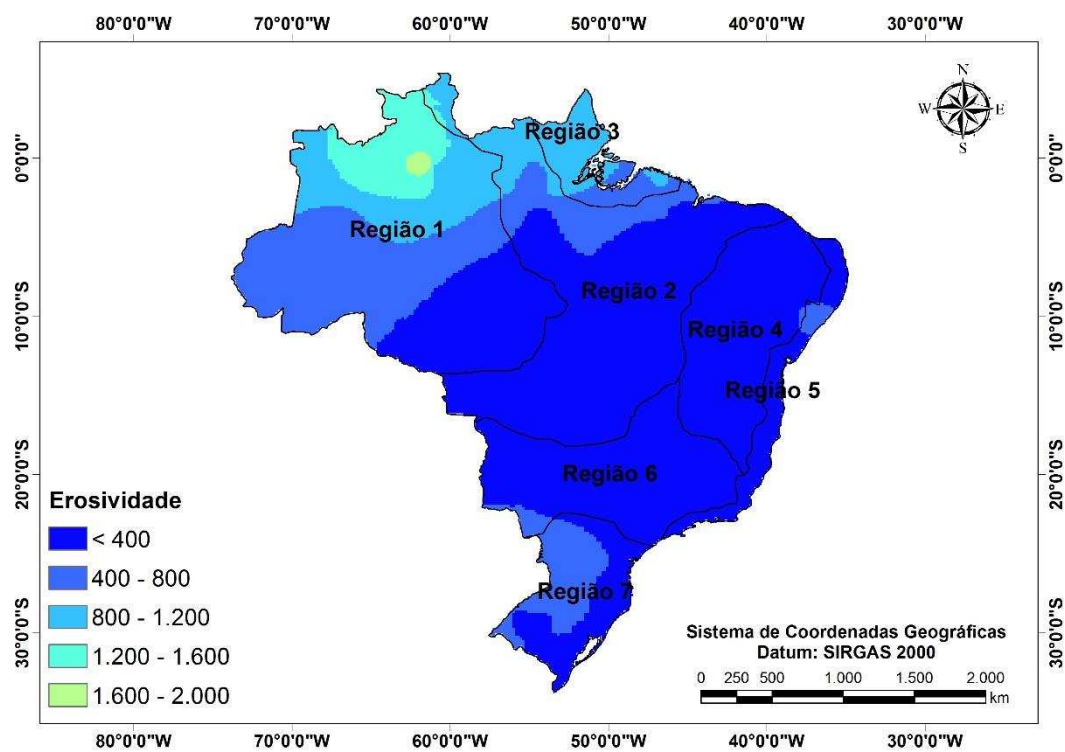
Maio



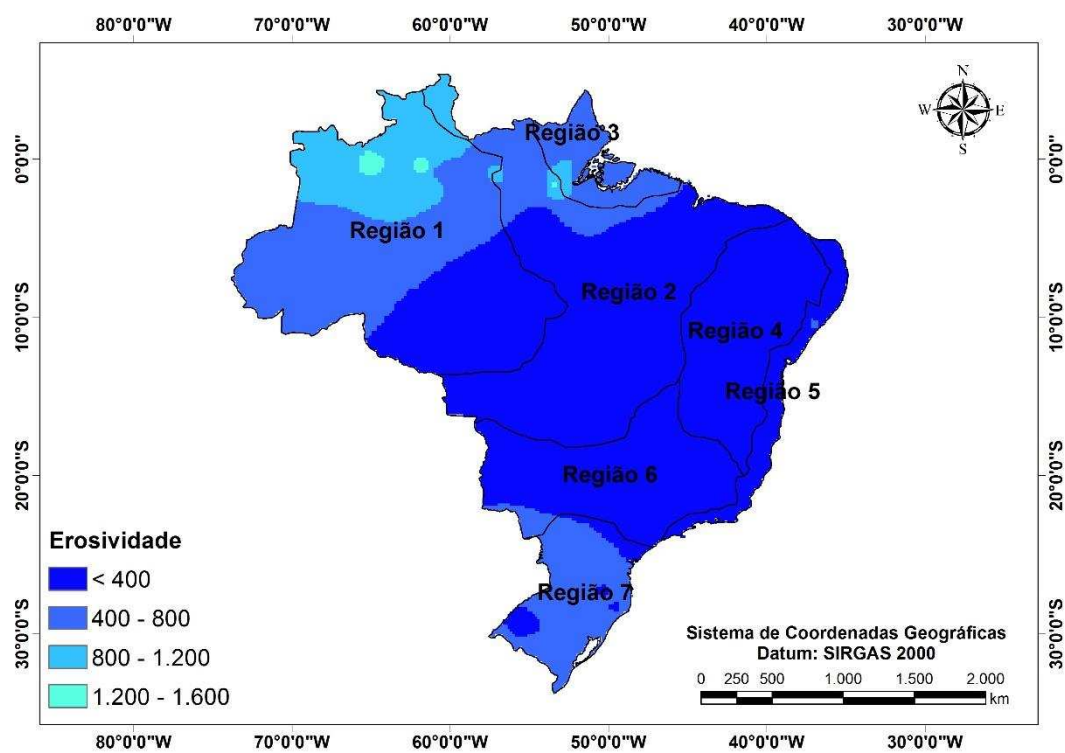
Continua...

...continuação

Junho



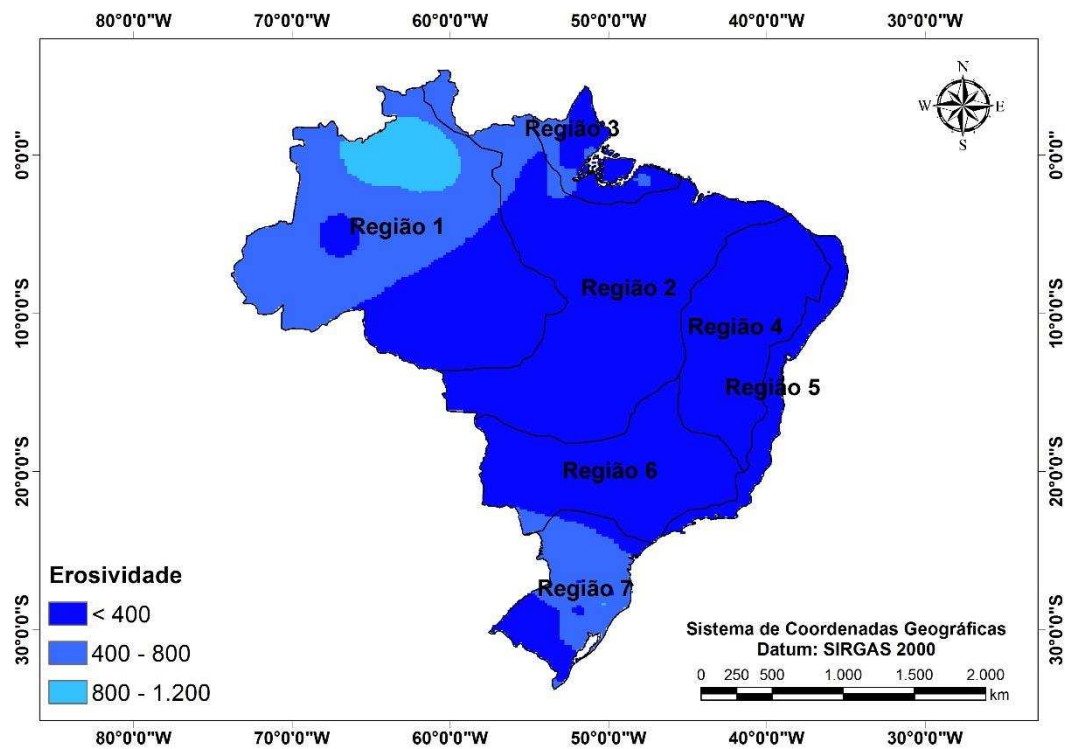
Julho



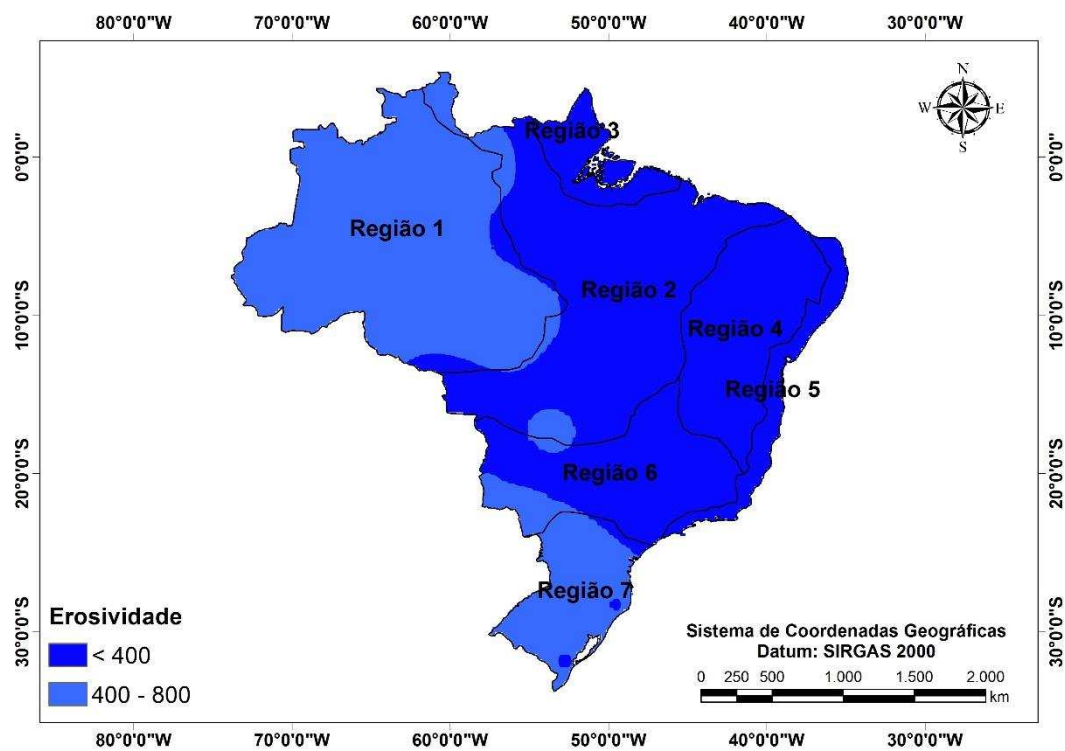
Continua...

...continuação

Agosto



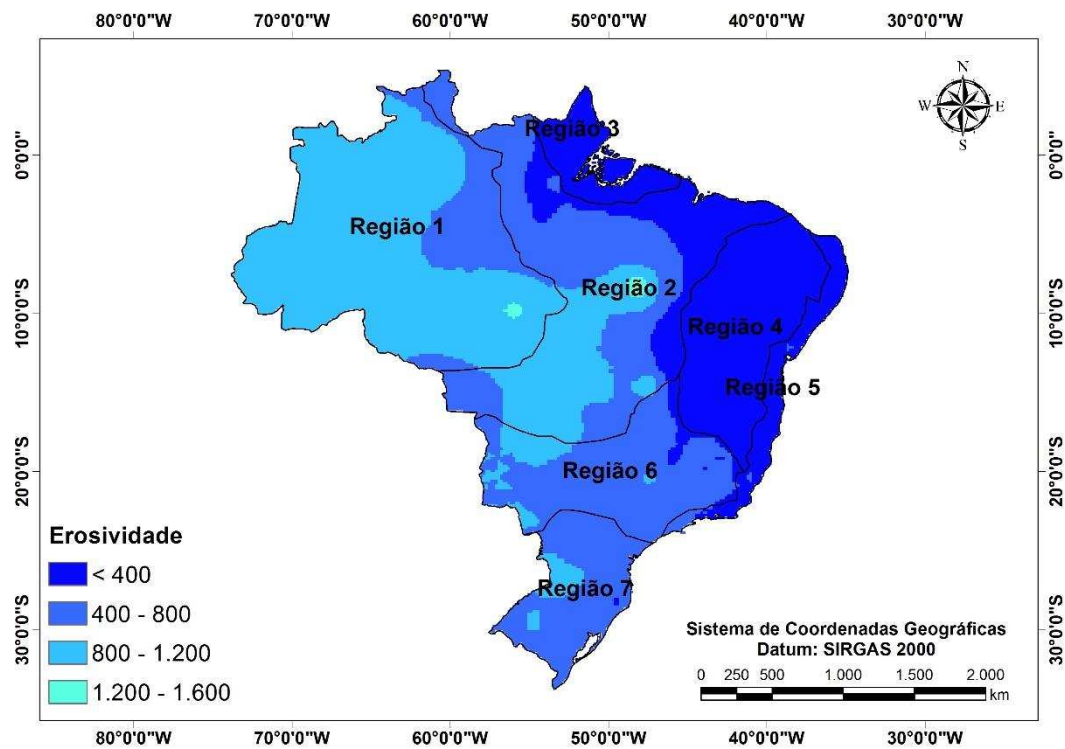
Setembro



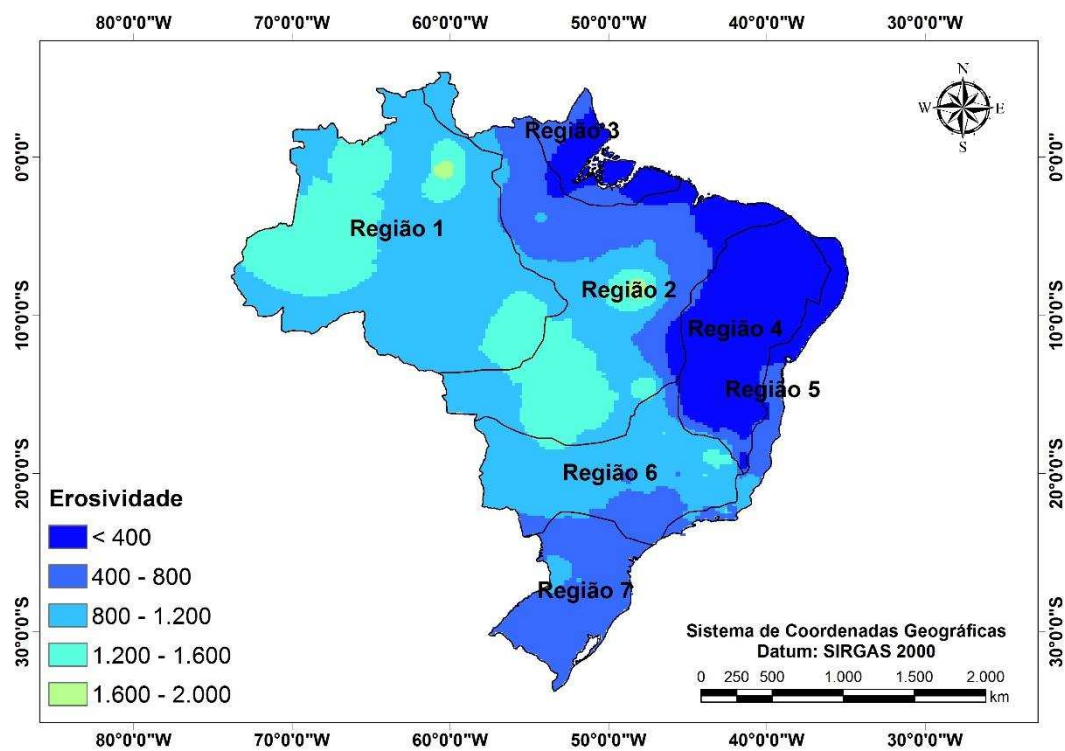
Continua...

...continuação

Outubro



Novembro



Continua...

...continuação

Dezembro

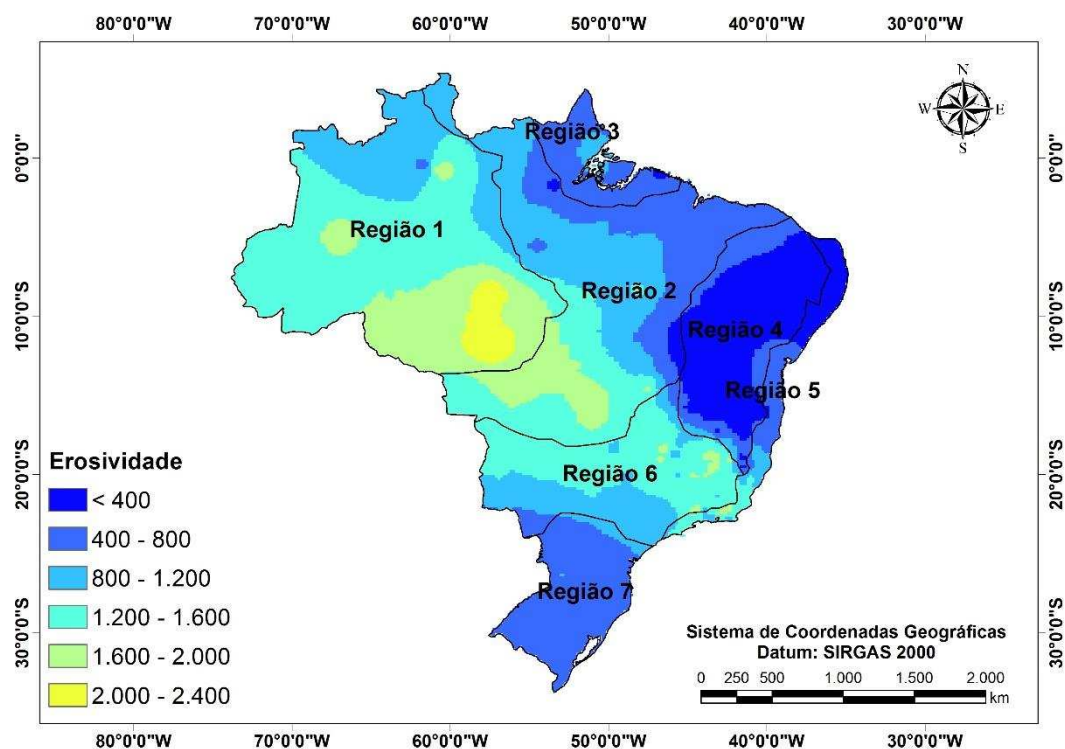


Figura 4.3 - Erosividades mensais ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do Brasil.

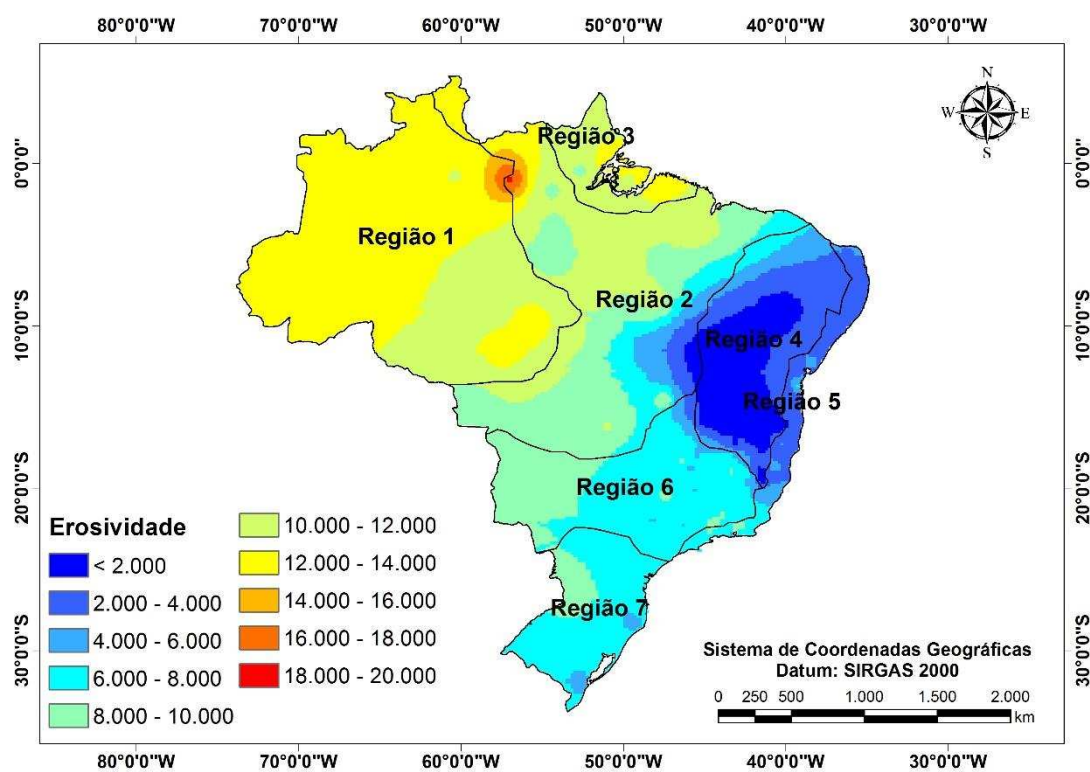


Figura 4.4 – Erosividade média anual do Brasil ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Observa-se que os maiores valores de erosividade anuais encontram-se nas regiões 1, 2 e 3, variando de 10.000 a 20.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, e os menores observados na região 4, variando de 468,3 a 2.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Estes resultados podem ser explicados pela grande extensão territorial do Brasil e as variadas formas de relevo, que permitem o desenvolvimento e a atuação de diferentes fatores condicionantes de formação de precipitação, e que também explicam o comportamento sazonal da erosividade ao longo do país.

Na região 1, o clima é tropical úmido (Af) e de monções (Am) (Alvares et al., 2013). A formação de chuvas, segundo Marengo (1995) é associada à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que são elevados quando o escoamento sobe os Andes, e pela resposta à flutuação dinâmica do centro quasi-permanente de convecção nesta região. Outros fatores, como a penetração de sistemas frontais e o deslocamento de sistemas convectivos também influenciam as chuvas na região. A estação chuvosa nessa região muda progressivamente de janeiro a março, na parte sul, para abril a junho, na parte noroeste da região, sendo que os totais pluviométricos anuais são superiores a 2500 mm, e as altas intensidades de chuvas ocasionam altos valores de erosividade. Esta variação parece estar relacionada com a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pois os núcleos de precipitações migram da parte central do país, no verão austral, para a parte noroeste da América do Sul no inverno austral, acompanhando a migração anual da convecção profunda.

Na região 2 o clima é tropical com inverno seco (Aw) e de monções (Am) (Alvares et al., 2013), sendo caracterizado pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias, sendo mais afetada pelos sistemas típicos de latitudes médias. A precipitação média anual acumulada varia entre 1500 e 2000 mm. Durante o verão, o forte aquecimento convectivo da atmosfera é considerado um dos principais sistemas responsáveis pela formação de precipitações nessa região.

Na região 3 o clima é tropical de monções (Am) (Alvares et al., 2013), porém distingue-se do restante da Amazônia devido ao seu mecanismo de formação diferenciado das chuvas, que se deve principalmente às linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa durante o fim de tarde, forçadas pela circulação da brisa marítima. Esta região apresenta precipitação de 2.800 mm por ano, com o período mais chuvoso de junho a agosto.

Na região 4 o clima é tropical com verão seco (As) e semi-árido (BSh) e de baixas latitudes e altitudes (Alvares et al., 2013), com precipitação média anual inferior 800 mm, resultando baixos valores de erosividade ao longo do ano. A baixa quantidade de chuvas na região deve-se à presença de vórtices ciclônicos, ou seja, padrões de circulação dos ventos nas camadas mais altas da atmosfera caracterizados por ter uma rotação horária, com o centro de rotação quase sem nuvens e a periferia marcada pela presença de nuvens de chuva. Isto favorece a ocorrência de chuvas no norte e leste da região 4 e as inibe sobre a parte sul e central, entre setembro e abril. Nos outros meses a formação e a quantidade de chuva dependem das variações interanuais na temperatura do Atlântico Sul e da ocorrência de El Niño, além de estarem associadas à penetração de frentes frias do Sul que alcançam latitudes mais baixas nos meses de novembro a fevereiro.

A região 5 localiza-se na região costeira do Brasil, desde o Nordeste até o Sudeste do país, apresentando clima tropical sem estação seca (Af), tropical com inverno seco (Aw), tropical com verão seco (As) e subtropical úmido com verão quente (Cwa) (Alvares et al., 2013), com totais pluviométricos anuais em torno de 1500 mm. Apesar da época chuvosa entre as costas do nordeste (abril a julho) e do sudeste (outubro a março) ser bastante distinta, o mecanismo de formação das chuvas é basicamente o mesmo, estando ligado à grande atividade de circulação de brisa vinda do oceano para o continente e à ação das frentes frias que se propagam ao longo da costa, atuando principalmente no Sudeste do país. Além disso, a ocorrência de chuvas nessa região se deve também à presença da cadeia de montanhas da Serra do Mar, que ocasiona chuvas de caráter orográfico.

Na região 6 o clima é clima tropical úmido (Aw), de monções (Am), subtropical úmido com Inverno seco e Verão quente (Cwa), subtropical úmido com Inverno seco e Verão temperado (Cwb) (Alvares et al., 2013). Assim como na região 2, é caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias, porém sendo mais afetada pelos sistemas tropicais. Os totais precipitados anuais variam de 1500 a 2000 mm. É afetada pela maioria das frentes que atingem o Sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade. Vórtices ciclônicos oriundos da região do Pacífico organizam-se com intensa convecção, associados à instabilidade causada por correntes de vento subtropicais. Linhas de instabilidade, formadas por nuvens de chuva moderada a forte, geradas a partir da associação de fatores de grande escala e

características de meso-escala (condições locais favoráveis), são responsáveis por chuvas fortes e de curta duração.

A região 7, com clima subtropical úmido com verão quente (Cfa) e subtropical úmido com verão com temperaturas amenas (Alvares et al., 2013), caracteriza-se por uma distribuição anual das chuvas bastante uniforme. Ao longo de quase toda a região, a média anual da precipitação varia de 1.250 a 2.000mm. A passagem de sistemas frontais sobre a região é um dos principais fenômenos atmosféricos que atuam sobre essa região, sendo responsável por grande parte dos totais pluviométricos registrados. Sistemas convectivos também são responsáveis por uma parcela significativa da precipitação incidente sobre essa região, assim como nas regiões 2 e 6.

Silva (2004) e Oliveira et al. (2012) estimaram a erosividade no Brasil com base em equações concluíram que a erosividade anual variou de 3.116 a 20.035 e 1.672 a 22.452 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, sendo os menores valores encontrados na região nordeste, e os maiores nas regiões norte. Os valores encontrados por estes autores diferem dos encontrados no presente trabalho, principalmente na região 4, reforçando a ideia de que o uso de equações para estimar a erosividade da chuva não pode ser extrapolado de uma forma generalizada, sem subestimar ou superestimar os valores de erosividade.

A faixa de valores de erosividade anuais observados no Brasil para as regiões 1, 2 e 3 (Figura 4.4) são semelhante aos observados em outras regiões tropicais do mundo, como na Colômbia, com erosividades variando de 10.409 a 15.975 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Hoyos et al., 2005), na Malásia, de 9.000 a 14.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Shamshad et al., 2008) e em El Salvador, de 7.196 a 17.856 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Silva et al., 2011).

A faixa de valores observada para a região 4 foram semelhantes aos encontrados em outras regiões de clima semiárido e, ou desértico, como na Nigéria, com erosividade de 1.985 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Delwaulle, 1973), no Quênia, de 1.106 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Moore, 1979), na Eritreia, de 2.980 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Stillhardt et al., 2002), em Cabo Verde, de 2.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Mannaerts e Gabriels, 2000), e na Espanha, de 640 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Rodríguez et al., 2004).

Em regiões de clima temperado, como é o caso da região 7, as classes de valores são maiores que os observado em outras regiões do mundo, como na Eslovênia, com erosividade variando de 1.318 a 2.995 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Mikos et al., 2006),

no nordeste da Espanha de 40 a 4.500 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Angulo-Martínez et al., 2009), na Coréia de 2.109 a 6.876 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Lee e Heo, 2011), e no Chile, de 50 a 7.400 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Bonilla e Vidal, 2011).

Na Tabela 4.4 estão apresentadas as classificações para interpretação da erosividade anual do Brasil.

Tabela 4.4 - Classificações para interpretação da erosividade anual (R) para o Brasil

Erosividade (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹)	Classes de erosividade	Dados observados (%)
R ≤ 2452	Baixa	7,1
2452 < R ≤ 4905	Média	8,5
4905 < R ≤ 7357	Média - forte	14,2
7357 < R ≤ 9810	Forte	21,8
R > 9810	Muito forte	48,4

Fonte: Carvalho (2008).

Observa-se que os valores de erosividade das chuvas excedem 7.357 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (erosividade forte) em 70,2% da área do país, que diferem dos resultados apresentados por Silva (2004) e Oliveira et al. (2012) em estudos de mapeamento da erosividade no Brasil. Silva (2004) observou que 4,7% da área do Brasil foi classificada como erosividade média, 26,3% como média-forte, 10,6% como forte, 58,4% como muito forte, nenhuma região foi classificada como baixa erosividade, e em 69,0% da área a erosividade das chuvas excede 7.357 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (erosividade forte). Oliveira et al. (2012) observaram que 2,6% da área total do Brasil foi classificada como erosividade baixa, 13,2% como média, 31,6% como média-forte, 23,7% como forte, 28,4% como muito forte, e que em 52,6% da área de país a erosividade das chuvas excede 7.357 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (erosividade forte).

A partir deste resultado, verifica-se que a maior parte do país apresenta severo risco natural à erosão hídrica, principalmente nas regiões 1, 2 e 3. Pelo fato do Brasil apresentar alta variação do tipo de vegetação e solos isto pode implicar grande variabilidade de resposta aos processos erosivos (Bertoni e Lombardi Neto, 1990). Em regiões onde a estação seca é mais acentuada, como é o caso da região 4, a maior parte dos solos estão descobertos durante este período e, com o início da estação das chuvas, as chuvas torrenciais podem grandes processos erosivos. Em regiões como a 1, 2 e 3, que apresentam erosividade alta, a cobertura do solo, como a floresta amazônica, desempenha papel fundamental na proteção contra o processo erosivo; porém, a

expansão fronteira agrícola, especialmente da soja, se apresenta como um dos fatores importantes para o aumento das taxas de desmatamento (Loarie et al., 2011), dessa forma, principalmente no período de preparo do solo as chuvas torrenciais podem grandes processos erosivos.

Isto demonstra que são necessários cuidados técnicos com as atividades agrícolas e pecuárias, visando minimizar os impactos negativos de chuvas com alto poder erosivo, uma vez que o conhecimento de áreas com alta erosividade é essencial para avaliar o risco de erosão do solo, além se servir de base ao planejamento de conservação do solo e água (Oliveira et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho permitem concluir que:

- a aplicação de séries pluviográficas sintéticas para estimar a erosividade das chuvas para o Brasil mostrou-se como um método eficiente.
- em comparação com as equações, o método para estimar a erosividade a partir de séries sintéticas de precipitação apresentou melhor desempenho, exceto para a região 3.
- o interpolador que apresentou melhor desempenho para espacializar a erosividade no Brasil foi o inverso da potência da distância.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. O. S.; AMORIN, R. S. S.; COUTO, E. G.; ELTZ, F. L. F.; BORGES, L. E. C. Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 178-184, 2011.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. de. Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.6, p.1046-1049, 2010.
- ANGULO-MARTÍNEZ, M.; BEGUERÍA, S. Estimating rainfall erosivity from daily precipitation records: a comparison among methods using data from the Ebro Basin (NE Spain). **Journal of Hydrology**, v. 379, 111-121, 2009.
- BAENA, L. G. N.; PRUSKI, F. F.; MOREIRA, M. C.; SOUZA, V. B. C de. ZANETTI, S. S.; OLIVEIRA, V. de P. Programa computacional para geração de séries sintéticas de dados climáticos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.3, 210-220, 2005.
- BASKAN, O.; CEBEL, H.; AKGUL, S.; ERPUL, G. Conditional simulation of USLE/RUSLE soil erodibility factor by geostatistics in a Mediterranean Catchment, Turkey. **Environmental Earth Sciences**, Brandenburg, v.60, n.6, p.1179-1187, 2010.
- BERMAN, M. B. Generating gamma distributed variates for computer simulation models. Rand Corp. Pub. R-641-PR, Santa Monica, CA, 1971.
- BERTOL, I.; LEITE, D.; ENGEL, F. L.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erodibilidade de um nitossolo háplico aluminico determinada em condições de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 541-549, 2007.
- BERTOL, I.; ZOLDAN JUNIOR, W. A., FABIAN, E. L.; ZAVASCHI, E.; PEGORARO, R.; GONZÁLES, A. P. Efeito de escarificação e da erosividade de chuvas sobre algumas variáveis de valores de erosão hídrica em sistemas de manejo de um nitossolo háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 747-757, 2008.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, Ícone, 1990. 355p.
- BONILLA, C. A.; VIDAL, K.L. Rainfall erosivity in Central Chile. **Journal of Hydrology**, v. 410, p. 126-133, 2011.

BOLLINNE, A.; FLORINS, P.; HECQ, P.; HOMERIN, D.; RENARD, V.; WOLFS, J. L. Etude de l'énergie des pluies en climat tempéré océanique d'Europe Atlantique. **Zeitschrift für Geomorphologie**, p. 27 – 35, 1984.

BRANDT, C. J. Simulation of the size distribution and erosivity of raindrops and throughfall drops. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 15, p. 687–698, 1990.

BRISSETTE, F. P.; KHALILI, M.; LECONTE, R. Efficient stochastic generation of multi-site synthetic precipitation data. **Journal of Hydrology**, 345, p. 121– 133, 2007.

BROWN, L. C.; FOSTER, G. R. Storm erosivity using idealized intensity distributions. **Transaction of the American Society of Agricultural Engineers**, n. 30, p. 379–386, 1987.

CABEDA, M. S. V. **Computation of storm EI value**. West Lafayette: Purdue University, 1976. 6p.

CARTER, C. E.; GREER, J. D.; BRAUD, H. J.; FLOYD, J. M. Raindrop characteristics in South Central United States. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, n. 17, p. 1033–1037, 1974.

CARUSO, C.; QUARTA F. Interpolation methods comparison. **Computers Mathematical Application**, v.35, p.109-126, 1998.

CARVALHO, M. P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 243-249, 1989.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**, 2ª ed. Interciência, Rio de Janeiro. 2008. 599 p.

CASTELLVI, F.; STOCKLE, C.O.; IBÁÑEZ, M. Comparing a locally calibrated versus a generalized temperature generation process. **Transactions of the Asae**, v.44, n.5, p.1143-1148, 2001.

CASTELLVI, F.; STOCKLE, C. O.; MORMENEO, I.; VILLAR, J. M. Testing the performance of different processes to generate temperature and solar radiation: A case study at lleida (Northeast Spain). **Transactions of the Asae**, v.45, n. 3, p.571-580, 2002.

CECÍLIO, R. A.; MOREIRA, M. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; PRUSKI, F. F.; FUKUNAGA, D. C. Assessing rainfall erosivity indices through synthetic precipitation series and artificial neural networks. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 4, p. 1523 – 1535, 2013.

CERRO, C.; BECH, J.; CODINA, B.; LORENTE, J. Modeling rain erosivity using disdrometric techniques. **Soil Science Society of America Journal**, n. 62, p. 731–735, 1998.

COUTINHO, M. A.; TOMÁS, P. P. Characterization of raindrop size distributions at the Vale Formoso Experimental Erosion Center. **Catena**, n. 25, p. 187–197, 1995.

DELWAULLE, J. C. Résultats de six ans d'observation sur l'érosion au Niger. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 150, p. 15–36, 1973.

DETZEL, D. H. M.; MINE, M. R. M. Generation of Daily Synthetic Precipitation Series: Analyses and Application in La Plata River Basin. **The Open Hydrology Journal**, n.5, p.69-77, 2011.

DOELLING, I. G.; JOSS, J.; RIEDL, J. Systematic variations of $Z-R$ relationships from drop size distributions measured in northern Germany during seven years. **Atmospheric Research**, n. 47–48, p. 635–649, 1998.

ELBASIT, M. A. M. A.; HUANG, J.; OJHA, C. S. P.; YASUDA, H.; ADAM, E. O. Spatiotemporal Changes of Rainfall Erosivity in Loess Plateau, China. **ISRN Soil Science**, 8 p. 2013.

FERRO, V. Deducing the USLE mathematical structure by dimensional analysis and self-similarity theory. **Biosystems Engineering**, v. 106, p. 216–220, 2010.

FLANAGAN, D. C.; MEYER, C. R.; YU, B.; SCHEELE, D. I. Evaluation and enhancement of the CLIGEN weather generator. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ASAE, 2001, Honolulu. **Soil Erosion Research for the 210 Century**. HI, USA. p. 107-110, 2001.

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

GENG, S.; AUBURN, J. S.; BRANDSTETTER, E.; LI, B. **A program to simulate meteorological variables: documentation for SIMMETEO**. Agronomy Progress Rep 204, Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis, CA, 1988.

GONÇALVES, F.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; CARVALHO, D.F.; CRUZ, E.S. Índices e espacialização da erosividade das chuvas para o Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p. 269-276, 2006.

GONTIJO, N. T.; NAGHETTINI, M. C. Avaliação das relações entre vazões de pico de cheia e condições antecedentes de umidade por meio de séries sintéticas e simulação hidrológica. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2007, São Paulo. **Anais** (CD-ROM), Porto Alegre (RS): ABRH, 2007.

GUNN, R.; KINZER, G. D. Terminal velocity of water droplets in stagnant air. **Journal of Meteorology**, n. 6, p. 243, 1949.

HANSON, C. L.; CUMMING, K. A.; WOOLHISER, D. A.; RICHARDSON, C. W. **Microcomputer program for daily weather simulation**. USDA Agricultural Research Service Publication ARS-114, 1994, 38 p.

HOYOS, N.; WAYLEN, P. R.; JARAMILLO, A. Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. **Journal of Hydrology**, v. 314, p. 177-191, 2005.

HUDSON, N. W. An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of sub-tropical rainfall. **Transactions of the Rhodesia Scientific Association**, p. 15-25, 1961.

HUDSON, N. W. **The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion**. Cape Town, South Africa: University of Cape Town, 1965 (MSc Thesis).

HUTCHINSON, M. F. Methods of generation of weather sequences. In: BUNTING, A. H. (org.) **Agricultural Environments, Characterization, Classification and Mapping**, Wallingford, UK: CAB International, p.149-157, 1987.

JAYAWARDENA, A. W.; REZAUR, R. B. Measuring drop size distribution and kinetic energy of rainfall using a force transducer. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 37-49, 2000 a.

JAYAWARDENA, A. W.; REZAUR, R. B. Drop size distribution and kinetic energy load of rainstorms in Hong Kong. **Hydrological Processes**, n. 14, p. 1069-1082, 2000 b.

JOHNSON, G. J. **Weather generator technology**. Portland, United States Department of Agriculture – NRCS/ARS. Disponível em: <http://www.wcc.nrcs.usda.gov/water/climate/gem/gem.html>, Acesso em: 08 de maio de 2014.

KELLER FILHO, T.; ASSAD, E.D.; LIMA, P.R.S. de R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.311-322, 2005.

KINNELL, P. I. A. Rainfall intensity-kinetic energy relationship for soil loss prediction. **Soil Science Society of America, Proceedings**, n. 45, p. 153-155, 1981.

KUCHAR, L. Using WGENK to generate synthetic daily weather data for modelling of agricultural processes. **Mathematics and Computers in Simulation**, n. 65, p. 69-75, 2004.

KUCHAR, L. Weather generation with a new approach to rainfall variance estimation and seasonal correlation of variables for crop production modelling. **Агрофизика**, n. 4, p. 40-45, 2011.

LARSEN, G.A.; PENSE, R.B. Stochastic simulation of daily climatic data for agronomic models. **Agronomy Journal**, v.74, p. 510-514, 1982.

LAWS, J. O. Measurements of fall-velocity of water-drops and raindrops. **Transactions of the American Geophysical Union**, n. 24, p. 452, 1941.

LAWS, J. O.; PARSONS, D. A. The relation of raindrop size to intensity. **Transactions of the American Geophysical Union**, n. 26, p. 452–460, 1943.

LEE, J. H.; HEO, J. H. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. **Journal of Hydrology**, v. 409, n. 1, p. 30 - 48, 2011.

LEPRUN, J. C. **A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro**. Recife: Ministério do Interior. SUDENE, Brasil, 1981.

LI, J.; HEAP, A. D. **A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists**. Geoscience Australia, Record 2008/23, 2008, 137 p.

LOARIE, S. R.; LOBELL, D. B.; ASNER, G. P.; MU, Q.; FIELD, C. B. Direct impacts on local climate of sugar-cane expansion in Brazil. **Nature Climate Change**, v. 1, p. 105-109, 2011.

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

MANNAERTS, C. M.; GABRIELS, D. Rainfall erosivity in Cape Verde. **Soil Tillage Research**, v. 55, p. 207–212, 2000.

MARENGO, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **Int. J. Climatology**, v.15, p.995-1010, 1995.

MATALAS, N. C. Mathematical assessment of synthetic hydrology, **Water Resources Research**, p. 937–945, 1967.

MCGREGOR, K. C.; MUTCHLER, C. K. Status of the *R* factor in northern Mississippi. In: Soil erosion: prediction and control. **Proceedings National Soil Erosion Conference at Purdue University**, Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, p. 135–142, 1976.

MIKOS, M.; JOST, D.; PETROVSEK, G. Rainfall and runoff erosivity in the alpine climate of north Slovenia: a comparison of different estimation methods. **Hydrological Sciences Journal**, v. 51, p. 15-126, 2006.

MILLWARD, A. A.; MERSEY, J. E. Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed, **Catena**, v. 38, p 109–129, 1999.

MOORE, T. R. Rainfall erosivity in East Africa. **Geografiska Annaler**, Series A 61, p. 147–156, 1979.

MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T. M. C.; HARDOIN, P. C.; ALMEIDA, J. E. L.; WEBER, O. L. S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI₃₀ de

chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 339– 344, 1991.

MOREIRA, M. C.; CECÍLIO, R. A.; PINTO, F. A. C.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento e análise de uma rede neural artificial para estimativa da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.1069-1074. 2006.

MOREIRA, M. C.; PRUSKI, F. F.; OLIVEIRA, T. E. C.; PINTO, F. A. C.; SILVA, D. D. Neterosividade MG: Erosividade da chuva em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1349-1353, 2008.

MOREIRA, M. C.; PRUSKI, F. F.; OLIVEIRA, T. E. C.; PINTO, F. A. C.; SILVA, D. D. Redes neurais artificiais para estimativa mensal da erosividade da chuva no estado de Minas Gerais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.17, n.1, p. 75-83, 2009.

MORGAN, R. P. C.; QUINTON, J. N.; SMITH, R. E.; GOVERS, G.; POESEN, J. W. A.; AUERSWALD, K.; CHISCI, G.; TORRI, D.; STYCZEN, M. E. The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 23, p. 527-544, 1998.

MORGAN, R. P. C. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan-Morgan-Finney model. **Catena**, n. 44, p. 305-322, 2001.

NAGHETTINI, M.; GONTIJO, N. T. A study on the relation between the frequencies of flood volumes and associated rainfall depths as abstracted from long synthetic series. In: WATER 2010 - Hydrology, Hydraulics and Water Resources in an Uncertain Environment, Québec, Canadá. **Proceedings of the WATER 2010 Symposium** - Hydrology, Hydraulics and Water Resources in an Uncertain Enviroment, 2010.

NEARING, M. A.; FOSTER, G. R.; LANE, L. J.; FINKNER, S. C. A process based soil erosion model for USDA Water Erosion Prediction Project technology. **Transactions of ASAE**. v. 32, p. 1587-1593, 1989.

NICKS, A. D. Stochastic generation of the occurrence pattern. and location, of maximum amount of daily rainfall. In: Proc. Symp. **Statistical Hydrology**. Tucson. AZ, USDA Miscellaneous Publication No. 1275, 1974.

NICKS, A. D., LANE, L. J., GANDER, G. A. **Weather Generator: USDA-Water erosion prediction project (WEPP)**. West Lafayette, In: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, Cap.2, 1995. 22p.

OLIVEIRA Jr, R. C. de. **A erosividade das chuvas na parte leste do Pará**. Belém, PA: FCAP, 1988. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1988.

OLIVEIRA Jr, R. C. de; MEDINA, B. F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, 235–239, 1990.

OLIVEIRA, V. P. S.; ZANETTI, S. S.; PRUSKI, F. F. ClimaBr parte I: Modelo para a geração de séries sintéticas de precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 348-355, 2005a.

OLIVEIRA, V. P. S.; ZANETTI, S. S.; PRUSKI, F. F. ClimaBr parte II: Geração do perfil de precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 353-363, 2005b.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v. 25, p.1021–1036, 2011.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena**, v. 100, p. 139–147, 2012.

ONAGA, K.; SHIRAI, K.; YOSHINAGA, A. Rainfall erosion and how to control its effects on farmland in Okinawa. In: RIMWANICH, S. (Ed.), **Land Conservation for Future Generation**. Department of Land Development, Bangkok, p. 627–639, 1988.

PARK, S. W.; MITCHELL, J. K.; BUBENZER, G. D. **An analysis of splash erosion mechanics**. ASAE 1980 Winter Meeting, paper no. 80-2502, Chicago, USA, 1980.

PARSONS, A. J.; GADIAN, A. M. Uncertainty in modelling the detachment of soil by rainfall. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 25, p. 723–728, 2000.

PICKERING, N. B.; HANSEN, J. W.; JONES, J. W.; WELLS, C.M.; CHAN, V. K.; GODWIN, D. C. WeatherMan: A utility for managing and generating daily weather data. **Agronomy Journal**, Medison, v. 86, p. 332-337, 1994.

PRUSKI, F. F.; MOREIRA, M. C.; GONÇALVES, F. A.; OLIVEIRA, T. E. C.; PINTO, F. A. C.; SILVA, D. D. Erosividade da chuva a partir de séries sintéticas de precipitação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36, Bonito, 2007. **Anais**. Bonito, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. CD-ROM.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água**: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2009. 279 p.

RACSKO, P.; SZEIDL, L.; SEMENOV, M. A serial approach to local stochastic weather models. **Ecological Modelling**, n. 57, p. 27–41, 1991.

RENARD, K.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; PORTER, J. P. RUSLE Revised universal soil loss equation. **Journal of Soil and Water Conservation**, 46, 30-33, 1991.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the**

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), USDA Agricultural Handbook No. 703USDA, Washington, DC, 1997, 384 pp.

RICHARDSON, C. W. Stochastic Simulation of Daily Precipitation, Temperature, and Solar Radiation. **Water Resources Research**, n. 17, p. 182-190, 1981.

RICHARDSON, C. W.; WRIGHT, D. A. WGEN: a model for generating daily weather variables. US Department of Agriculture, **Agricultural Research**. Service ARS-8, 1984.

RODRÍGUEZ, A. R.; GUERRA, A.; ARBELO, C.; MORA, J. L.; GORRÍN, S. P.; ARMAS, C. Forms of eroded soil organic carbon in andosols of the Canary Islands (Spain). **Geoderma**, v. 121, p. 205–219, 2004.

ROBINSON, T. P.; METTERNICHT, G. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. **Computers and Electronics in Agriculture**, v., p. 97-108, 2006.

ROSEWELL, C. J. Rainfall kinetic energy in Eastern Australia. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, n. 25, p. 1695–1701, 1986.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; HERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 439– 444, 1993.

SALLES, C.; POESEN, J.; SEMPERE-TORRES, D. Kinetic energy of rain and its functional relationship with intensity. **Journal of Hydrology**, n. 257, p. 256-270, 2002.

SEDIYAMA, G. C.; CHANCELOR, W. J.; BURKHARDT, T. H.; GOSS, J. R. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**, v.25. n.141. p. 455-466, 1978.

SEMENOV, M. A.; BARROW, E. M. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. **Climate Change**, n. 35, p. 397–414, 1997.

SEMPERE-TORRES, D.; SALLES, C.; CREUTIN, J. D.; DELRIEU, G. Quantification of soil detachment by raindrop impact: performances of classical formulae of kinetic energy in Mediterranean storms. J. BOGEN, D.E. WALLING, T. DAY (Eds.), **Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins**, p. 115–124 IAHS Publ. n. 210, Oslo, 1992.

SHAMSHAD, A.; AZHARI, M. N.; ISA, M. H.; WAN HUSSIN, W. M. A.; PARIDA, B. P. Development of an appropriate procedure for estimation of RUSLE EI₃₀ index and preparation of erosivity maps for Pulau Penang in Peninsular Malaysia. **Catena**, v. 72, p. 423-432, 2008.

SILVA, A. M. Índice de erosividade e sua relação com a pluviometria e coeficiente de chuva em Juazeiro (BA). Piracicaba, São Paulo, Brasil, 2001. (**não publicado**).

- SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, p. 251-259, 2004.
- SILVA, R. B.; IORI, P.; SILVA, F. A. M. Proposição e validações de equações para estimativa da erosividade de dois municípios do estado de São Paulo. **Irriga**, v. 14, p. 533-547, 2009.
- SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SANTOS, G. R.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no vale do rio Doce, região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1029-1039, 2010
- SILVA, A. M.; WIECHETECK, M.; ZUERCHER, B. W. Spatial assessment of indices for characterizing the erosive force of rainfall in El Salvador Republic. **Environmental Engineering Science**, v. 28, p. 309-316, 2011.
- SKILES, J. W., RICHARDSON, C. W. A stochastic weather generation model for Alaska. **Ecological modelling**, v. 110, p. 211-232, 1998.
- SMITH, J. A.; DE VEAUX, R. D. The temporal and spatial variability of rainfall power. **Environmetrics**, n. 3, p. 29-53, 1992.
- STEINER, M.; SMITH, J. A. Reflectivity, rain rate, and kinetic energy flux relationships based on raindrop spectra. **Journal of Applied Meteorology**, n. 39, p. 1923-1940, 2000.
- STILLHARDT, B.; HERWEG, K.; HURNI, H. Long-term Monitoring of Soil Erosion and Soil and Water Conservation in Afdeyu, Eritrea (1984-1998). CDE, University of Berne, Berne, Switzerland, 2002.
- STOCKLE, C. O.; CAMPBELL, G. S.; NELSON, R. **ClimGen Manual**. Biological Systems Engineering Department, Washington State University, Pullman, WA. 1999.
- THOMAS, R. J.; QUILLÉROU, E.; STEWART, N. **The rewards of investing in sustainable land management**. Interim Report for the Economics of Land Degradation Initiative: A global strategy for sustainable land management. ELD Initiative. 2013, 124 p.
- TRACY, F. C.; RENARD, K. G.; FOGEL, A. M. Rainfall energy characteristics for southern Arizona. American Society of Civil Engineers Irrigation and Drainage Division Specialty Conference, Flagstaff, Arizona, **Water Today and Tomorrow**, p. 559-566, 1984.
- UIJLENHOET, R.; STRICKER, J. N. M. Dependence of rainfall interception on drop size. A comment. **Journal of Hydrology**, n. 217, p. 157-163, 1999.
- USÒN, A.; RAMOS, M. C. An improved rainfall erosivity index obtained from experimental interrill soil losses in soils with Mediterranean climate. **Catena**, n. 43, p. 293-305, 2001.

VAL, L. A.; BAHIA, V. G.; FREIRE, J. C.; DIAS JUNIOR, M. S. Erosividade das chuvas em Lavras, MG. **Ciência Prática**, v.10, 199–209, 1986.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. V. H.; SCHAEFFER, C. E. G. R (Eds) **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.1-54.

VISSMAN, W. JR.; KNAPP, J. W.; LEWIS, G. L.; HARBOUGH, T. E. **Introduction to Hydrology**, Dun - Donnelly, New York, 1977.

VIRGENS FILHO, J. S. **Modelo computacional para simulação de dados climáticos**. Botucatu, 1997. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

VIRGENS FILHO, J. S. **Ferramenta computacional para simulação de séries climáticas diárias, baseada na parametrização dinâmica das distribuições de probabilidade**. Botucatu, 2001. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

WILLIAMS, J. R.; NICKS, A. D.; ARNOLD, J. G. Simulator for Water Resources in Rural Basins. **Journal of Hydraulic Engineering**, v. 111, n. 6, p. 970-986, 1985.

WILKS, D. S. Interannual variability and extreme-value characteristics of several stochastic daily precipitation models. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 93 p. 153-169, 1999.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relation to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, n. 39, p. 285–291, 1958.

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

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion**, Agriculture Handbook n. 537 United States Department of Agriculture, Washington, DC, 1978.

WOOLHISER, D. A.; SMITH, R. E.; GOODRICH, D. C. **KINEROS: A Kinematic Runoff and Erosion Model: Documentation and User Manual**, ARS-77. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 1990, 130p.

ZANCHI, C.; TORRI, D. **Evaluation of rainfall energy in Central Italy**. M. DE BOODT, D. GABRIELS (Eds.), Assessment of Erosion, Wiley, Chichester, p. 133–142, 1980.

ZANETTI, S. S.; PRUSKI, F. F.; MOREIRA, M. C.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, D. D. Programa computacional para geração de séries sintéticas de precipitação. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.96-104, 2005.

ZANETI, S. S.; OLIVEIRA, V. P. S.; PRUSKI, F. F. Validação do modelo ClimaBR em relação ao número de dias chuvosos e à precipitação total diária. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 96-102, 2006.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Caracterização das estações utilizadas no estudo

Código	Estado	Pluviograma	Série sintética	Latitude	Longitude	Altitude
	sigla	anos	anos-base		°	m
Região 1						
857000	MT	5	11	-8,8703	-57,4164	212
1157000	MT	11	13	-11,5358	-57,4172	260
60000	RR	4	12	-0,8586	-60,5200	59
61000	RR	3	20	-0,5067	-61,7858	40
65001	AM	4	12	-0,4203	-65,0153	38
466001	AM	4	15	-4,8392	-66,8506	71
956000	MT	8	14	-9,8703	-56,1022	400
Região 2						
153000	PA	10	14	-1,8011	-53,4800	24
154000	PA	12	18	-1,7736	-54,3972	29
157000	PA	9	24	-1,0875	-57,0469	34
343003	MA	8	28	-3,4594	-43,8989	90
345000	MA	11	30	-3,7708	-45,2183	70
354000	PA	9	15	-3,8889	-54,3150	73
547002	TO	9	19	-5,7167	-47,5000	118
554000	PA	14	10	-5,6503	-54,5208	221
848003	TO	11	26	-8,3992	-48,1303	192
1447002	GO	10	30	-14,7072	-47,5236	1009
1451000	GO	12	20	-14,9272	-51,0806	200
1559000	MT	11	22	-15,2156	-59,3536	236
1650002	GO	9	27	-16,3000	-50,9061	406
1753002	GO	6	22	-17,3528	-53,0919	699
Região 3						
52000	AP	10	23	-0,5711	-52,7250	330
147008	PA	6	26	-1,6775	-47,7700	27
51001	AP	4	11	-0,0500	-51,0667	12
146000	PA	3	18	-1,0667	-46,9000	36
Região 4						
940024	BA	16	68	-9,4056	-40,5033	370
1142020	BA	17	30	-11,3561	-42,2736	489
1145019	BA	10	20	-11,5119	-45,0419	510
1344013	BA	13	45	-13,7106	-44,6325	610
1344017	BA	14	52	-13,4006	-44,1975	437
1443000	MG	21	17	-14,7864	-43,5514	425
1443002	BA	16	45	-14,3044	-43,7681	440
1444001	MG	16	40	-14,4311	-44,4817	523

Continua...

...continuação

Código	Estado	Pluviograma	Série sintética	Latitude	Longitude	Altitude
	sigla	anos			°	m
1444017	BA	17	55	-14,2683	-44,5217	500
1541001	BA	15	26	-15,5050	-41,2292	676
1541010	MG	17	32	-15,5808	-41,4086	687
1542014	MG	17	16	-15,3167	-42,0228	765
1542015	MG	13	18	-15,5983	-42,5475	782
1543013	MG	27	15	-15,7756	-43,2797	498
1544012	MG	16	49	-15,9494	-44,8681	448
1640000	MG	24	53	-16,1386	-40,2903	160
1641001	MG	21	52	-16,5683	-41,5031	241
1643020	MG	26	11	-16,3222	-43,7150	591
1741001	MG	14	24	-17,5950	-41,4928	439
1743002	MG	17	39	-17,3128	-43,2078	630
1841011	MG	12	34	-18,9764	-41,6403	135
1941005	MG	22	61	-19,0617	-41,5328	244
1941006	MG	20	66	-19,5947	-41,4581	172
Região 5						
2243205	RJ	14	14	-22,4817	-43,8392	371
2243251	RJ	15	15	-22,7106	-43,8781	462
2244103	RJ	15	15	-22,7489	-44,1244	479
2242091	RJ	16	16	-22,7081	-42,7042	40
2242094	RJ	19	19	-22,5850	-42,9400	10
2242095	RJ	15	15	-22,4792	-42,6578	40
2242101	RJ	15	15	-22,8531	-42,5517	10
2243083	RJ	17	17	-22,9217	-43,4200	40
1037078	SE	15	17	-10,4833	-37,0667	139
1238051	BA	13	29	-12,3003	-38,6439	116
1239007	BA	13	25	-12,5850	-39,5183	159
1339012	BA	15	35	-13,8106	-39,1692	114
1439014	BA	17	49	-14,1708	-39,6897	142
1439044	BA	17	38	-14,9589	-39,8075	243
1539006	BA	19	57	-15,9608	-39,5261	80
1740005	BA	15	38	-17,3722	-40,2258	242
1840010	ES	22	16	-18,8097	-40,6906	300
1840013	ES	19	16	-18,3658	-40,8406	300
2041020	ES	14	29	-20,3667	-41,0611	1075
2242019	RJ	12	10	-22,2994	-42,4011	1100
Região 6						
1646001	MG	21	24	-16,3514	-46,8897	567

...Continua

...continuação

Código	Estado	Pluviograma	Série sintética	Latitude	Longitude	Altitude
	sigla	anos			°	m
1746006	MG	16	27	-17,6636	-46,3550	540
1746007	MG	16	30	-17,5028	-46,5717	555
1843003	MG	23	51	-18,1133	-43,5203	803
1845004	MG	19	10	-18,8414	-45,8514	1035
1845021	MG	28	25	-18,0383	-45,5236	760
1846005	MG	31	19	-18,4125	-46,4222	943
1848000	MG	14	50	-18,8722	-48,8694	730
1848010	MG	15	32	-18,6511	-48,2092	956
1849016	GO	11	39	-18,3389	-49,6108	500
1942032	MG	10	26	-19,1886	-42,4228	240
1943002	MG	11	58	-19,0167	-43,4442	675
1943003	MG	17	49	-19,2503	-43,0144	470
1943009	MG	28	33	-19,6872	-43,9208	676
1943010	MG	17	38	-19,9006	-43,6675	840
1943022	MG	15	19	-19,9450	-43,9125	950
1943025	MG	20	67	-19,2175	-43,3742	560
1943035	MG	14	26	-19,2189	-43,5881	1090
1944004	MG	19	47	-19,9556	-44,3067	721
1944032	MG	22	16	-19,6844	-44,8789	696
1944049	MG	20	13	-19,4283	-44,7197	703
1946008	MG	20	32	-19,1128	-46,6883	1046
1946009	MG	25	16	-19,3153	-46,0444	1093
2042008	MG	20	71	-20,1036	-42,4400	305
2043002	MG	10	27	-20,1792	-43,9428	1350
2043009	MG	10	70	-20,3625	-43,1439	423
2043010	MG	13	67	-20,6906	-43,2994	620
2043018	MG	14	43	-20,9558	-43,8008	1057
2043026	MG	17	39	-20,8475	-43,2419	632
2044007	MG	26	30	-20,6611	-44,0706	885
2044024	MG	17	16	-20,0075	-44,3311	786
2044041	MG	13	16	-20,1022	-44,4847	895
2045002	MG	14	35	-20,1789	-45,7003	606
2045012	MG	24	17	-20,4619	-45,9450	806
2047016	SP	10	26	-20,5436	-47,4231	995
2048002	SP	12	38	-20,1814	-48,6842	450
2143000	MG	19	64	-21,3094	-43,2022	512
2143001	MG	12	46	-21,3556	-43,0503	398
2143003	MG	15	67	-21,1492	-43,5200	780
2143011	MG	25	13	-21,7578	-43,9178	970

Continuação...

...continuação

Código	Estado	Pluviograma	Série sintética	Latitude	Longitude	Altitude
	sigla	anos			°	m
2143018	MG	18	13	-21,4725	-43,1211	397
2144007	MG	13	63	-21,4922	-44,3261	875
2144018	MG	11	63	-21,9772	-44,6033	966
2144023	MG	16	33	-21,1431	-44,7378	799
2145008	MG	12	46	-21,8742	-45,2583	875
2146030	MG	15	16	-21,3806	-46,5189	1040
2243004	RJ	12	64	-22,2875	-43,9294	550
2244047	RJ	11	66	-22,3300	-44,5383	1030
2244058	MG	10	13	-22,2539	-44,4950	978
2245065	MG	14	42	-22,2103	-45,2658	990
2245088	MG	17	32	-22,3147	-45,3731	1200
2245089	MG	14	34	-22,0342	-45,8353	900
2246056	MG	12	33	-22,3211	-46,3294	875
2246057	MG	12	31	-22,7600	-46,1469	1040
2247197	SP	11	25	-22,2358	-47,9581	747
2248110	SP	11	24	-22,0778	-48,1803	486
Região 7						
2651040	SC	5	31	-26,9206	-51,9281	1000
2652001	SC	5	27	-26,9525	-51,9281	600
2652031	SC	5	19	-26,4003	-52,8956	720
2749035	SC	5	18	-27,7464	-49,9450	900
2750011	SC	5	19	-27,4819	-50,3850	880
2751001	SC	5	17	-27,6922	-51,1294	800
2751006	RS	5	36	-27,7125	-51,7378	600
2751011	SC	5	17	-27,0511	-51,9122	1040
2752017	RS	5	20	-27,3889	-52,4544	350
2753013	SC	5	34	-27,0014	-53,5256	557
2849009	SC	5	23	-28,3397	-49,6214	1200
2850006	RS	5	18	-28,4494	-50,2964	850
2851043	RS	5	20	-28,0592	-51,1881	974
2851044	RS	5	18	-28,8444	-51,8792	520
2954007	RS	5	48	-29,5069	-54,6775	100
2954019	RS	5	28	-29,3514	-54,0669	408
2955002	RS	5	47	-29,1961	-55,4753	100
3152013	RS	5	13	-31,8797	-52,8103	27

APÊNDICE B

Tabela B.1 - Erosividade real ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), em base mensal e anual para o Brasil

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Região 1													
857000	1395,9	1433,1	1513,5	929,9	593,3	33,4	39,0	244,6	561,6	685,2	907,9	2244,4	10581,6
1157000	2079,8	1928,5	2312,9	715,1	271,5	38,7	37,4	72,5	471,3	1104,1	1016,6	2221,4	12269,7
60000	910,3	381,7	672,3	776,8	635,3	806,3	626,5	780,2	820,9	914,6	1657,7	1657,8	10640,5
61000	404,7	619,4	1255,8	1366,6	1961,9	1671,1	1009,3	821,2	863,5	745,6	631,4	693,9	12044,3
65001	625,7	747,7	933,0	1149,2	1395,1	1270,6	1117,6	711,2	474,2	742,8	1094,1	1202,8	11464,1
466001	1603,5	1514,4	2043,6	2109,1	1126,3	738,5	902,0	241,7	518,2	872,6	1384,7	1802,5	14856,9
956000	1496,8	2161,7	1727,9	1539,4	583,4	167,4	41,0	83,4	951,5	1108,7	1395,0	1752,7	13009,0
Região 2													
153000	870,1	953,1	1378,0	1541,6	1907,3	1158,0	977,8	398,5	154,6	289,6	142,0	203,1	9973,8
154000	1278,8	1353,3	1282,8	1100,8	912,7	428,5	347,1	172,0	162,4	323,9	619,1	477,6	8459,1
157000	1339,4	1792,3	2985,1	2710,2	2611,7	959,5	650,2	242,0	460,7	775,0	1077,9	1246,6	16850,6
343003	1483,9	1744,4	2352,1	1941,7	967,8	346,3	246,7	62,5	107,5	224,4	396,0	865,1	10738,3
345000	1404,3	1326,1	2645,3	2314,6	1710,2	192,2	174,5	138,5	136,0	596,4	693,0	569,7	11900,8
354000	929,4	1288,9	2042,3	1388,9	955,5	488,5	109,9	136,4	245,1	362,5	653,3	793,6	9394,1
547002	1199,5	1875,2	1633,5	1488,3	350,9	24,9	13,5	151,8	328,4	372,4	802,9	921,1	9162,4
554000	1200,5	1500,4	1081,0	554,5	514,5	115,5	44,2	74,9	308,2	520,2	603,6	938,8	7456,3
848003	1299,0	1519,6	1630,5	794,5	558,0	44,7	146,6	82,8	567,1	1163,3	1697,0	1188,1	10691,2
1447002	1360,4	1423,3	1159,0	609,0	99,6	96,0	14,3	86,7	160,9	1180,1	1201,2	1406,4	8796,9

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1451000	1351,9	1174,4	1252,7	440,4	75,9	5,5	13,9	30,7	212,8	976,6	1393,4	1552,5	8480,8
1559000	1268,3	1036,8	1088,3	665,5	367,6	289,3	207,7	202,3	159,8	1042,2	1264,0	1308,2	8900,1
1650002	2404,0	1511,0	1357,9	850,2	258,4	145,2	0,0	134,4	318,0	570,7	1469,6	1682,3	10701,4
1753002	1763,9	923,0	1000,4	378,3	122,6	94,0	105,6	343,8	545,8	791,7	1498,9	1282,2	8850,2
Região 3													
52000	1158,7	1219,2	1246,8	1139,4	1193,0	841,5	620,2	181,5	269,2	572,1	699,2	572,1	9712,9
147008	1170,0	1468,7	1836,5	1784,9	1358,2	561,1	768,2	352,1	427,5	372,8	295,7	732,8	11128,4
51001	1140,6	1416,9	1726,4	1096,3	1041,6	742,9	367,5	204,1	289,6	193,1	369,4	903,1	9491,6
146000	1029,9	2284,4	2012,1	1888,6	1561,8	764,7	801,0	0,0	53,6	92,1	53,5	209,1	10750,9
Região 4													
940024	40,8	74,3	75,1	22,2	13,7	1,9	0,7	0,2	1,3	6,4	59,4	72,6	368,7
1142020	177,9	90,1	83,4	46,4	17,7	3,6	0,0	0,0	8,5	29,4	83,1	173,5	713,6
1145019	73,3	159,0	174,8	88,2	16,5	0,0	0,0	0,0	6,1	117,2	113,6	191,7	940,3
1344013	181,2	135,6	95,5	60,5	14,3	0,0	0,0	0,0	7,9	53,9	174,0	234,3	957,3
1344017	182,8	167,8	127,4	36,5	4,8	151,1	0,0	0,0	9,0	42,4	103,6	171,4	996,7
1443000	127,6	154,1	164,9	32,6	8,4	0,0	0,0	0,0	6,0	63,4	153,1	308,8	1019,0
1443002	158,9	140,5	175,1	41,3	10,4	6,8	0,0	6,1	7,4	117,3	160,0	203,2	1027,1
1444001	145,5	202,6	133,0	47,6	12,9	0,0	0,0	0,0	5,8	137,4	187,9	281,0	1153,6
1444017	158,9	255,5	147,4	47,6	17,1	0,0	0,0	0,0	6,0	56,4	192,7	273,8	1155,5
1541001	154,4	131,7	108,6	19,0	23,8	86,0	5,2	72,0	14,2	108,3	196,8	192,4	1112,5
1541010	183,5	123,7	149,6	33,6	11,0	60,5	5,3	167,1	6,4	124,7	138,9	207,7	1211,9
1542014	152,1	197,2	118,4	26,9	7,7	66,3	0,0	0,0	18,2	53,7	141,5	192,2	974,2

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1542015	269,9	157,2	47,9	38,3	6,3	0,0	4,1	0,0	13,9	148,9	152,6	287,0	1126,0
1543013	247,0	106,8	108,4	49,3	16,2	4,8	0,0	0,0	15,3	135,8	140,2	157,8	981,6
1544012	221,5	115,9	123,5	63,9	14,4	44,4	6,3	14,0	5,7	116,6	195,4	308,1	1229,6
1640000	170,3	60,4	106,2	43,6	11,3	87,8	2,4	26,5	12,6	173,3	193,2	175,0	1062,5
1641001	188,5	98,0	205,9	58,3	8,7	0,0	1,9	73,4	13,2	118,9	195,6	212,3	1174,7
1643020	106,4	171,6	183,9	32,9	9,4	31,3	4,3	0,0	2,3	108,5	150,1	309,9	1110,4
1741001	138,3	126,6	98,1	64,2	5,7	33,5	1,2	20,6	22,4	45,8	182,5	163,5	902,5
1743002	126,1	167,1	252,9	51,9	18,3	0,0	0,0	0,0	23,4	132,4	226,2	274,5	1272,8
1841011	153,5	252,0	151,8	51,3	16,8	0,0	7,2	129,0	33,5	114,3	194,3	200,8	1304,5
1941005	135,8	133,6	211,4	40,2	17,8	114,9	2,8	484,2	35,5	161,6	213,6	261,5	1812,9
1941006	134,6	167,3	246,4	90,3	15,8	37,5	5,6	87,8	24,6	156,6	206,6	275,9	1448,8
Região 5													
2243205	1077,3	780,6	727,8	397,5	72,4	110,2	61,2	116,1	75,1	369,3	545,4	1166,6	5499,4
2243251	1726,2	737,4	974,6	326,0	161,8	113,8	53,8	156,4	194,5	485,5	1018,3	1237,2	7185,6
2244103	2299,2	1875,4	1349,0	467,9	160,4	183,1	38,1	43,1	218,9	359,8	777,2	2133,5	9905,7
2242091	737,7	1116,6	848,6	594,2	375,3	127,4	159,0	54,6	113,8	227,0	485,1	825,6	5664,9
2242094	1829,4	2087,4	1470,6	615,6	435,2	217,9	162,9	88,6	207,0	278,6	912,5	1819,7	10125,5
2242095	1088,6	1328,6	918,9	899,8	177,1	85,2	89,3	63,7	164,4	398,1	842,5	1781,8	7837,8
2242101	362,7	627,5	811,6	1037,0	343,6	429,1	253,3	42,5	116,7	178,2	451,9	823,5	5477,6
2243083	597,3	650,2	530,9	554,0	184,8	237,8	120,3	110,5	91,1	245,7	357,7	789,3	4469,5
1037078	136,7	171,9	288,9	540,3	654,7	436,1	432,4	197,4	129,6	164,1	103,2	117,4	3372,6
1238051	403,4	399,8	587,5	560,7	257,0	144,4	23,6	131,6	405,0	372,3	406,7	511,7	4203,6

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1239007	399,6	236,3	578,3	187,1	27,4	13,1	5,6	17,8	31,7	38,7	613,5	450,8	2599,9
1339012	600,7	639,9	860,1	684,3	455,0	322,3	260,8	272,6	354,4	307,3	570,8	473,4	5801,6
1439014	575,5	352,8	526,1	480,8	230,9	43,1	83,2	40,3	82,5	260,7	734,3	900,1	4310,3
1439044	614,3	571,1	557,0	298,4	275,0	38,9	37,4	71,1	38,2	154,2	696,4	413,4	3765,5
1539006	324,1	403,0	490,3	387,6	151,3	99,2	90,5	93,3	107,2	337,6	607,9	571,8	3663,9
1740005	631,8	375,9	515,9	249,1	182,5	40,8	74,5	8,1	88,8	439,6	669,6	733,8	4010,4
1840010	1023,0	493,4	510,1	268,0	105,2	70,8	40,4	105,1	134,0	288,0	729,6	1196,4	4964,0
1840013	761,6	440,8	376,4	192,0	171,6	11,7	37,9	30,7	49,0	142,5	900,0	977,7	4091,9
2041020	978,7	696,5	942,3	421,6	143,9	83,1	24,9	127,8	137,1	432,8	834,7	1310,6	6133,8
2242019	1250,4	682,3	630,3	392,1	109,1	93,5	21,9	54,4	124,2	282,3	862,7	1173,6	5676,8
Região 6													
1646001	940,3	739,7	850,0	690,5	84,2	7,7	15,6	9,3	100,9	519,1	961,4	1215,3	6134,1
1746006	1231,7	640,3	940,6	256,7	132,3	18,4	27,8	45,2	94,2	384,8	863,4	1297,3	5932,7
1746007	1474,7	909,1	873,1	451,2	92,5	15,7	11,2	10,8	71,3	426,4	1286,3	1380,6	7002,8
1843003	1129,7	736,9	723,1	247,9	61,0	41,1	71,8	65,7	115,8	312,6	1008,9	1378,2	5892,7
1845004	1488,8	622,6	899,7	273,5	125,8	78,6	34,9	13,6	200,9	346,0	797,7	942,3	5824,5
1845021	881,6	773,4	1004,0	431,0	51,9	17,6	14,2	37,2	127,5	304,6	778,7	998,1	5419,8
1846005	1577,4	1147,8	1167,9	344,9	188,0	33,9	22,2	56,1	275,4	704,5	948,4	1723,9	8190,6
1848000	1598,2	1020,9	879,8	490,9	162,2	27,4	26,8	36,3	96,3	563,1	782,2	1216,7	6900,9
1848010	1238,3	1494,5	1532,1	348,2	371,4	28,8	19,9	43,4	253,8	440,1	768,8	1213,5	7752,8
1849016	1296,4	945,1	1086,3	483,2	201,7	75,8	58,3	51,4	201,5	869,6	894,8	1502,5	7666,6
1942032	871,6	578,7	688,5	343,9	305,9	27,4	64,9	19,1	64,0	386,8	1333,7	1776,1	6460,7

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1943002	1307,7	950,7	938,5	395,4	78,5	38,2	15,1	62,5	109,1	514,7	1182,8	1961,1	7554,3
1943003	936,5	851,0	1219,0	289,7	90,2	22,4	6,2	51,3	102,4	354,1	1142,7	1381,4	6447,1
1943009	1371,2	651,6	786,1	490,2	82,6	26,9	95,5	39,2	153,1	367,6	972,9	1306,0	6343,1
1943010	1323,9	1075,0	907,5	347,1	201,0	26,9	59,6	27,8	183,4	512,5	981,7	1581,1	7227,5
1943022	904,4	719,4	791,8	347,7	79,5	8,1	24,5	100,4	75,5	614,9	682,1	1555,4	5903,9
1943025	1596,1	1094,1	998,5	558,2	229,8	34,2	19,9	20,8	89,2	555,4	1488,9	1708,4	8393,5
1943035	1560,9	707,3	595,2	380,9	211,8	16,2	22,9	103,8	197,7	673,8	1400,2	1674,9	7545,6
1944004	1593,0	1025,8	1048,4	342,3	107,3	44,3	26,4	77,3	123,6	531,3	974,0	1578,7	7472,6
1944032	1595,4	996,1	811,8	425,8	88,3	40,6	43,6	61,7	156,3	623,7	1271,8	1309,1	7424,3
1944049	1398,2	1063,4	553,7	154,0	171,0	59,9	62,0	26,1	162,5	509,9	1100,1	1291,8	6552,7
1946008	1700,7	922,4	1057,0	665,4	280,8	19,7	58,2	78,3	290,5	337,6	909,4	1497,1	7817,2
1946009	1578,4	948,2	870,6	470,8	206,9	93,3	41,4	37,6	259,5	373,5	896,5	1215,8	6992,5
2042008	1320,6	871,7	815,1	361,5	92,4	40,0	30,4	54,4	157,8	422,1	873,9	1204,2	6244,1
2043002	1170,7	1143,7	1136,7	397,9	150,6	103,6	78,5	39,9	88,2	541,8	1087,3	1624,6	7563,5
2043009	1395,4	735,2	751,9	324,3	77,3	26,8	29,7	49,4	286,8	410,8	983,0	1212,1	6282,8
2043010	1082,8	731,8	896,1	218,4	61,2	19,2	19,5	81,3	295,1	302,6	835,4	1296,8	5840,2
2043018	979,6	1192,5	696,7	287,7	187,7	90,5	66,1	83,2	227,7	425,0	729,8	1194,1	6160,6
2043026	1318,7	708,4	650,7	233,8	178,4	59,1	31,6	106,3	133,6	445,3	1134,1	1225,1	6225,3
2044007	1551,8	1028,4	931,4	416,6	141,3	52,5	88,3	70,0	115,5	647,8	906,4	1388,9	7338,8
2044024	1608,4	855,7	905,1	362,0	164,6	45,2	77,4	73,5	232,0	470,5	1203,6	1455,6	7453,8
2044041	1611,0	617,7	810,4	380,5	223,9	5,5	9,3	61,0	145,2	403,3	951,9	1890,7	7110,5
2045002	953,0	805,0	714,9	352,2	154,6	30,2	30,9	28,6	137,7	751,7	594,0	977,6	5530,5

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2045012	1644,9	1067,7	828,0	767,8	193,7	12,0	49,5	76,7	283,7	358,0	908,6	1345,9	7536,5
2047016	1063,5	1374,7	1003,0	374,8	143,3	23,9	67,8	90,0	290,2	964,9	963,6	1590,0	7949,7
2048002	1031,4	994,2	830,9	384,8	192,1	80,2	48,9	51,8	164,2	440,8	793,8	1005,3	6018,3
2143000	1778,0	1284,9	818,0	498,5	29,5	40,2	35,6	56,3	201,5	554,0	1146,0	1510,6	7953,2
2143001	1467,8	548,3	1152,2	185,2	217,0	35,7	32,4	75,2	92,7	802,7	772,2	1177,2	6558,6
2143003	1514,6	1139,4	1068,6	432,5	112,7	30,3	15,2	20,3	149,3	312,7	1233,0	1836,6	7865,2
2143011	1869,9	1434,6	1315,4	515,4	268,1	105,6	75,5	54,2	337,9	555,1	935,4	1491,3	8958,3
2143018	1649,9	678,6	870,8	369,2	121,6	76,4	15,9	49,8	197,4	656,9	950,5	1079,9	6716,7
2144007	1421,8	1161,2	991,7	210,6	130,4	46,1	37,8	39,2	107,9	614,0	755,5	1516,8	7033,0
2144018	1401,2	1046,8	1165,6	426,4	256,9	49,6	31,1	82,2	176,8	399,2	940,9	1220,6	7197,2
2144023	1263,5	888,3	861,2	280,9	222,5	78,5	61,0	73,5	251,1	529,8	985,7	1365,4	6861,5
2145008	1231,0	784,2	907,4	299,7	158,6	66,8	65,8	66,0	302,4	458,3	836,0	1182,3	6358,4
2146030	1402,9	810,6	1152,1	574,3	302,8	63,4	80,3	66,3	384,7	379,3	735,6	1053,3	7005,4
2243004	1341,8	1247,2	1098,7	593,3	144,1	65,4	67,6	71,3	159,0	456,4	766,2	1248,0	7259,1
2244047	2013,5	1996,1	1746,8	698,3	231,6	84,2	50,0	87,9	169,3	993,6	1563,4	1685,1	11319,7
2244058	1912,7	1941,2	1129,2	520,4	231,8	63,4	67,9	98,9	429,8	592,2	921,6	2360,3	10269,5
2245065	1742,3	1127,8	988,4	402,0	244,6	118,4	122,2	129,0	338,4	689,6	705,9	1259,1	7867,8
2245088	1403,3	960,7	727,1	395,1	349,0	97,3	96,0	158,4	297,0	578,8	893,4	1162,9	7119,0
2245089	1372,3	950,5	800,1	347,3	196,6	61,1	68,2	61,3	253,7	506,7	795,9	1283,2	6697,0
2246056	1292,7	732,2	572,2	247,6	224,2	101,8	50,8	68,2	283,1	421,6	482,2	905,2	5381,8
2246057	1155,7	709,5	716,9	399,0	313,7	160,2	93,7	60,2	405,9	564,6	572,2	813,9	5965,4
2247197	1569,3	1030,7	792,9	395,9	300,8	102,0	103,9	111,5	363,2	594,8	652,7	810,2	6827,9

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2248110	1113,5	813,1	661,8	398,9	301,8	79,7	43,4	119,1	196,8	488,9	871,8	843,1	5931,8
Região 7													
2651040	1015,5	898,9	565,6	674,1	734,6	412,2	567,2	431,1	453,5	840,7	822,1	747,7	8163,1
2652001	1175,5	699,5	593,4	601,2	524,0	534,1	435,4	526,1	610,1	717,2	698,4	663,1	7778,0
2652031	1019,2	865,7	825,4	530,5	1023,1	347,7	430,2	335,1	717,1	849,3	851,7	791,0	8586,0
2749035	847,7	745,2	541,1	362,4	443,7	283,9	574,5	381,6	481,5	510,2	487,2	476,9	6136,1
2750011	756,2	778,8	642,9	233,9	355,4	290,7	207,6	396,4	408,1	493,6	557,6	523,8	5645,1
2751001	733,0	801,2	750,2	358,8	444,3	381,1	417,3	794,0	658,3	531,6	516,5	535,2	6921,5
2751006	719,2	654,6	530,7	425,0	561,8	470,1	471,5	648,4	467,8	736,3	670,3	632,5	6988,2
2751011	616,7	649,8	482,7	540,2	403,6	281,5	471,5	158,0	634,0	658,6	558,1	679,1	6134,0
2752017	833,8	756,8	421,3	584,1	886,5	551,6	780,5	471,1	486,1	935,6	540,8	948,7	8196,8
2753013	885,6	798,4	701,4	642,7	784,2	428,5	301,7	566,0	512,5	643,3	580,7	913,6	7758,6
2849009	578,9	730,5	612,5	251,4	245,4	177,9	335,8	422,7	377,2	338,7	250,0	547,0	4867,9
2850006	805,7	534,2	534,9	319,2	365,6	254,0	436,7	819,9	468,6	588,7	544,1	663,0	6334,6
2851043	719,9	501,6	387,8	548,5	532,5	344,6	559,9	295,3	732,1	605,6	616,8	613,8	6458,4
2851044	624,2	421,4	446,5	643,2	266,4	424,8	410,3	358,0	567,4	592,9	435,3	765,4	5955,7
2954007	890,0	575,8	573,2	634,0	449,5	396,4	330,9	480,2	648,2	496,1	564,1	463,6	6502,1
2954019	607,9	811,0	712,4	644,6	430,8	313,0	462,8	187,6	569,9	826,9	449,8	566,2	6582,7
2955002	767,6	671,1	786,7	913,8	449,6	268,9	199,9	245,4	339,8	605,1	849,8	526,7	6624,4
3152013	318,3	1199,9	584,2	365,7	312,7	142,1	273,8	218,8	262,8	258,4	385,7	302,8	4625,3

Tabela B.2 - Erosividade estimada por séries sintéticas de precipitação ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), em base mensal e anual para o Brasil

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Região 1													
857000	1435,4	1502,3	1277,7	1060,4	463,3	33,8	26,1	282,0	475,1	802,2	825,7	2270,2	10454,2
1157000	2010,6	2017,0	2400,8	866,4	294,8	66,3	0,0	63,6	458,8	1054,0	1204,8	2369,1	12806,2
60000	997,4	468,1	607,9	852,3	839,8	1025,9	699,0	955,3	716,0	1012,1	1806,1	1807,6	11787,4
61000	415,2	614,7	1457,2	1598,3	2123,5	1832,8	1277,2	967,1	714,3	828,9	856,3	715,5	13401,0
65001	717,0	811,3	1158,4	1248,8	1393,1	1437,4	1247,1	901,3	664,1	916,6	1296,6	1026,0	12817,6
466001	1498,0	1320,8	1874,2	1942,4	988,4	590,0	706,0	345,9	663,7	1000,8	1248,3	1646,6	13825,0
956000	1643,2	2315,9	1863,3	1538,5	418,4	116,9	48,4	105,2	763,6	1268,4	1595,1	1921,0	13597,8
Região 2													
153000	789,7	1116,3	1311,9	1727,5	2079,5	998,2	1242,1	569,7	70,0	442,8	166,0	304,8	10818,6
154000	1039,4	1604,7	1541,8	1355,1	1104,5	547,1	394,4	249,7	234,5	266,0	479,3	670,1	9486,7
157000	1561,6	1698,9	3449,5	2994,7	2746,7	1062,1	830,6	484,7	613,1	677,1	882,7	1200,7	18202,4
343003	1302,7	1574,6	2118,9	1934,4	1117,4	400,0	240,7	40,9	76,1	119,6	243,4	605,1	9773,9
345000	1464,0	1699,2	2567,5	2263,9	1449,1	284,2	145,3	69,7	77,1	211,1	456,6	698,5	11386,1
354000	1147,8	1480,0	2119,2	1193,4	700,5	218,5	158,5	282,8	178,0	351,1	823,3	914,5	9567,5
547002	1362,6	1833,3	1930,0	1615,6	389,5	106,1	52,7	75,0	246,7	569,3	827,5	859,6	9868,0
554000	1252,0	1620,4	1376,2	751,0	787,1	183,3	22,4	77,4	277,2	619,2	760,3	753,1	8479,7
848003	1625,8	1373,6	1806,6	959,8	301,5	29,4	44,9	56,3	398,1	1388,6	1812,6	1232,0	11029,1
1447002	1272,8	1479,3	1249,1	562,6	84,0	19,7	0,0	49,7	161,0	1087,3	1567,6	1615,3	9148,5
1451000	1523,8	1366,2	1381,0	461,6	147,5	9,0	26,6	30,0	185,8	1198,4	1350,0	1671,8	9351,7
1559000	1440,9	1530,7	1542,4	822,9	345,2	123,5	59,5	109,8	225,3	473,3	1052,8	1333,4	9059,6
1650002	2166,4	1494,6	1422,9	574,1	213,5	62,4	11,6	87,2	205,1	693,6	1334,3	1873,5	10139,4

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1753002	1425,5	1112,1	1232,9	606,8	329,3	173,4	98,2	130,3	630,6	1091,5	1303,9	1371,1	9505,4
Região 3													
52000	887,0	839,0	1383,1	1509,6	1476,0	1078,9	814,9	393,1	154,6	231,9	360,4	630,9	9759,3
147008	1547,2	1661,2	2000,8	2067,0	1643,7	722,4	701,6	422,0	316,5	307,8	347,2	775,9	12513,4
51001	1547,2	1788,8	2456,2	1657,2	1963,8	966,4	757,6	403,4	199,1	77,9	234,1	947,6	12999,3
146000	1249,8	2172,4	2820,4	2695,9	1447,1	986,9	652,3	383,3	55,0	40,2	30,5	307,5	12841,3
Região 4													
940024	61,7	84,5	127,4	44,7	13,2	2,3	0,9	0,3	4,4	11,9	45,9	67,3	464,4
1142020	175,3	117,9	121,8	70,3	6,2	2,1	0,0	0,0	5,2	28,4	109,0	151,3	787,5
1145019	138,7	161,3	183,4	59,6	16,3	2,3	3,3	0,6	9,7	65,9	192,3	203,2	1036,4
1344013	225,1	195,0	187,5	80,4	7,8	2,4	0,1	0,4	9,0	84,8	255,1	304,1	1351,7
1344017	190,8	191,9	171,7	51,1	8,4	4,2	0,3	0,7	10,4	64,3	184,8	249,5	1128,1
1443000	200,4	134,1	188,1	45,9	3,5	3,0	0,0	0,0	13,7	89,6	157,9	296,6	1132,9
1443002	157,1	126,3	103,0	55,8	1,8	2,7	0,0	0,5	8,7	86,9	180,2	232,1	955,0
1444001	181,0	151,7	119,5	76,4	6,4	3,4	0,2	5,3	6,8	85,3	213,5	316,1	1165,6
1444017	228,2	157,8	143,8	55,6	7,1	1,7	0,3	1,5	10,1	71,9	217,8	301,5	1197,3
1541001	137,5	69,5	128,2	23,0	12,0	8,1	0,3	0,7	20,2	63,4	159,7	178,1	800,8
1541010	165,9	67,2	121,6	40,9	7,4	1,8	0,8	2,1	7,4	73,4	155,0	204,5	847,9
1542014	137,3	56,5	73,8	29,5	6,5	1,8	0,5	2,2	24,5	69,2	168,9	166,7	737,4
1542015	152,8	108,3	121,3	44,0	17,9	2,1	2,6	0,0	20,8	62,3	175,0	302,7	1010,0
1543013	250,4	108,0	110,7	41,3	10,7	0,4	0,2	0,2	8,2	69,9	124,5	132,7	857,2
1544012	272,6	174,9	146,6	77,9	9,8	1,9	2,4	1,2	13,9	101,7	206,7	342,8	1352,4

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1640000	127,1	71,6	114,0	53,4	21,1	5,9	4,7	4,4	27,6	87,1	182,6	196,7	896,3
1641001	181,3	75,2	90,6	25,0	8,3	1,6	1,7	2,6	19,2	74,6	177,5	204,2	861,9
1643020	213,1	105,1	100,1	54,8	5,1	2,7	5,7	3,2	5,6	75,0	125,8	275,3	971,4
1741001	167,0	123,2	96,2	65,9	15,5	6,4	10,5	8,7	24,2	102,2	215,6	186,2	1021,8
1743002	309,9	149,8	161,1	75,1	15,4	2,5	6,6	1,4	23,0	104,5	243,9	315,1	1408,2
1841011	248,8	116,3	85,8	56,2	11,3	7,3	3,6	8,8	28,6	103,1	230,2	220,1	1120,1
1941005	206,5	106,9	88,6	52,0	17,1	10,2	4,9	10,6	33,6	98,5	203,2	258,8	1090,9
1941006	249,8	112,6	151,2	54,1	28,9	7,4	5,1	10,1	26,4	91,7	222,9	285,4	1245,7
Região 5													
2243205	1071,3	1215,9	860,7	340,9	145,7	57,8	52,9	79,0	189,9	382,1	549,6	1169,4	6115,1
2243251	1232,1	1174,2	907,0	474,0	194,0	41,9	33,8	106,6	151,4	428,7	585,3	971,5	6300,5
2244103	1752,6	1101,7	1068,1	503,4	133,7	57,0	29,7	83,5	119,7	175,8	658,0	1370,8	7053,9
2242091	936,4	1044,4	1060,3	880,4	265,7	179,2	95,5	63,8	96,1	176,9	468,8	1174,7	6442,1
2242094	1644,5	1668,0	1424,0	898,0	385,2	181,9	139,5	94,2	225,9	313,0	850,5	1904,8	9729,4
2242095	1524,0	1267,4	1031,0	1111,1	445,3	165,4	163,4	104,3	216,0	285,5	1461,7	2189,7	9964,7
2242101	802,1	643,3	675,5	821,4	284,9	371,1	163,8	58,0	182,8	203,6	573,6	745,5	5525,5
2243083	994,8	793,3	566,6	609,3	215,1	151,4	95,4	132,2	177,9	224,4	423,0	930,2	5313,5
1037078	151,8	158,6	294,2	611,2	750,4	646,5	419,5	194,6	101,0	188,8	116,1	110,6	3743,4
1238051	460,5	644,2	721,5	497,7	243,7	109,4	75,5	115,3	328,3	429,4	316,6	414,7	4357,0
1239007	484,3	267,9	352,8	151,8	63,8	38,8	11,4	19,4	32,7	23,4	218,0	478,0	2142,3
1339012	599,0	766,9	993,7	708,3	434,1	366,4	360,3	241,2	257,7	223,3	641,8	594,0	6186,8
1439014	536,0	282,2	481,6	394,0	105,4	120,0	52,3	52,4	50,6	170,0	635,0	714,5	3593,8

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1439044	454,0	426,8	428,5	346,6	122,7	93,8	45,5	22,3	42,4	162,7	478,8	616,1	3240,1
1539006	484,3	452,0	614,4	354,5	162,3	128,4	114,2	85,1	71,7	239,1	607,6	596,8	3910,5
1740005	602,8	356,0	714,3	299,2	96,4	33,7	38,0	28,7	91,3	254,7	727,2	800,0	4042,4
1840010	1064,0	544,0	431,2	277,9	51,8	23,9	39,2	121,2	88,1	203,1	646,5	1052,0	4542,9
1840013	808,1	378,8	478,1	244,3	48,7	30,1	64,5	28,5	68,7	395,9	788,1	841,4	4175,1
2041020	1179,2	607,1	826,0	339,1	113,0	13,3	28,4	44,1	61,9	437,0	909,7	1316,9	5875,9
2242019	2206,1	1081,1	1000,1	543,2	149,9	62,0	13,5	18,2	206,8	236,6	687,4	1683,6	7888,5
Região 6													
1646001	927,6	656,4	933,5	625,9	45,4	6,3	10,2	10,9	122,9	594,2	927,9	1283,3	6144,4
1746006	1347,3	694,9	1038,7	337,2	126,6	22,4	8,4	30,9	65,6	421,6	891,1	1366,8	6351,5
1746007	1424,1	1067,5	925,0	376,2	101,9	29,8	18,5	28,2	91,2	461,2	1232,6	1474,1	7230,2
1843003	1284,4	770,4	763,0	299,4	51,0	6,0	13,5	13,8	141,3	408,6	1116,2	1308,8	6176,3
1845004	1566,3	605,5	864,5	140,2	68,3	6,7	16,8	18,1	155,1	319,3	881,0	969,5	5611,4
1845021	896,6	810,2	1090,6	401,1	38,0	14,9	12,3	24,1	119,1	322,9	962,9	1016,4	5709,2
1846005	1698,9	1084,1	1216,2	294,7	121,4	20,5	28,4	13,5	222,3	707,6	1066,5	1882,6	8356,7
1848000	1443,7	1094,0	1006,0	460,3	171,8	38,4	32,9	25,5	129,9	655,6	1087,4	1240,4	7385,8
1848010	1493,1	1091,2	1276,6	384,8	181,3	95,3	16,3	15,2	114,7	530,0	1032,5	1571,6	7802,6
1849016	1454,7	1065,5	1109,2	661,0	178,8	36,3	22,8	38,3	179,0	522,0	941,5	1127,3	7336,6
1942032	1083,1	659,7	923,8	411,8	203,8	17,5	28,7	26,9	84,2	476,5	1487,1	1723,7	7126,9
1943002	1336,6	1054,0	1069,4	487,2	114,7	27,8	28,7	31,4	120,9	508,7	1346,0	2024,0	8149,5
1943003	982,8	957,1	1079,8	340,5	92,4	25,5	10,2	38,2	73,3	310,1	1223,9	1572,8	6706,5
1943009	1415,0	772,1	833,6	229,2	113,5	5,6	38,6	31,0	103,5	470,6	1043,1	1345,3	6401,1

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1943010	1491,2	1128,5	783,4	288,6	110,2	34,6	27,1	33,5	179,2	447,5	1193,7	1772,1	7489,7
1943022	978,1	813,2	582,3	309,0	93,7	18,6	40,2	40,2	98,3	306,0	918,5	1574,8	5772,9
1943025	1621,1	1063,9	1099,8	589,2	156,8	27,8	10,6	16,2	95,0	669,6	1447,3	1871,2	8668,5
1943035	1531,6	886,0	707,0	301,9	200,9	95,0	24,6	26,7	186,3	601,1	1395,3	1482,4	7438,7
1944004	1525,6	1181,9	868,9	315,4	88,6	42,1	25,6	19,0	146,8	520,3	969,1	1530,9	7234,2
1944032	1637,9	966,0	978,5	401,6	97,0	53,9	39,8	34,2	116,4	534,2	1186,3	1305,0	7350,8
1944049	1490,3	1036,9	605,8	216,1	146,0	36,6	35,1	24,7	160,8	425,1	1004,9	1280,5	6462,8
1946008	1742,7	1077,0	1039,0	419,8	139,5	61,3	37,9	45,6	246,5	418,5	1111,8	1658,1	7997,6
1946009	1534,2	934,7	969,3	453,9	135,3	81,7	36,5	29,2	180,2	306,5	857,6	1316,6	6835,6
2042008	1223,5	598,9	697,3	380,5	89,7	27,7	17,6	26,0	117,4	447,0	988,7	1454,1	6068,3
2043002	1492,3	1293,3	873,5	351,9	112,4	54,2	41,4	42,1	112,3	510,4	1278,1	1705,2	7867,1
2043009	1418,8	808,5	840,2	332,8	115,5	40,6	44,4	51,7	180,9	442,2	1087,7	1415,4	6778,8
2043010	1314,2	815,1	858,2	252,7	94,9	33,4	19,4	48,2	187,0	463,8	1113,5	1477,9	6678,4
2043018	1171,9	1214,9	732,9	218,9	156,0	46,8	29,9	47,3	187,3	484,7	855,2	1321,0	6466,8
2043026	1348,6	782,5	741,0	278,0	119,8	19,9	34,9	43,5	172,3	483,7	1004,1	1283,0	6311,2
2044007	1431,6	1092,1	870,2	341,8	108,4	34,2	44,8	54,0	179,4	512,0	792,9	1362,0	6823,2
2044024	1744,3	965,7	959,3	304,4	147,8	25,5	62,5	40,1	169,3	414,3	1026,8	1564,5	7424,5
2044041	1877,4	821,0	938,6	470,4	123,5	72,4	33,6	37,1	139,4	327,5	1081,3	1874,9	7797,2
2045002	1089,0	815,7	730,3	314,1	145,2	45,3	41,4	27,9	129,2	646,0	739,1	1109,6	5832,8
2045012	1538,3	931,3	935,5	542,9	227,4	42,2	103,6	94,0	259,0	456,4	923,4	1585,1	7639,1
2047016	1549,5	1246,6	995,6	476,6	248,7	57,0	84,6	54,9	395,9	933,8	1040,3	1501,3	8585,0
2048002	1165,0	1081,1	835,7	373,9	162,5	67,1	23,0	38,7	132,6	589,0	727,0	1146,9	6342,6

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2143000	1686,3	1150,9	936,3	313,5	179,1	54,6	23,0	42,5	167,6	545,3	1147,1	1559,2	7805,4
2143001	1346,3	819,0	840,6	288,7	130,9	41,5	40,7	45,4	145,2	435,1	831,1	1351,3	6315,7
2143003	1653,0	1158,7	1027,5	411,1	146,5	27,9	29,1	42,4	155,6	494,8	1173,9	1608,2	7928,8
2143011	1901,9	1269,6	1215,8	424,8	221,5	85,4	52,7	34,2	364,4	498,3	960,8	1416,3	8445,8
2143018	1577,6	771,2	971,2	414,4	83,4	41,9	24,5	43,5	221,3	509,0	804,7	1135,7	6598,4
2144007	1521,1	949,2	887,4	271,5	161,6	46,4	29,3	44,0	176,8	465,3	885,1	1460,4	6898,0
2144018	1443,4	1111,7	1062,9	316,3	192,5	88,4	36,0	66,6	162,3	450,2	954,7	1342,2	7227,1
2144023	1255,7	899,9	716,5	254,6	140,3	56,9	52,5	78,7	197,9	540,4	818,3	1255,8	6267,5
2145008	1272,1	951,1	852,6	333,7	194,8	85,3	50,0	60,7	234,2	495,7	841,6	1231,9	6603,8
2146030	1293,7	886,4	1092,7	359,3	341,5	55,3	71,9	89,7	293,0	492,9	687,1	1219,4	6882,8
2243004	1455,3	1290,1	1183,3	457,8	134,7	80,8	48,7	60,1	204,2	512,3	802,5	1165,6	7395,3
2244047	2149,6	2017,1	1908,8	710,2	197,6	101,0	87,6	75,5	247,0	762,3	1314,7	1936,2	11507,6
2244058	1753,4	1744,2	1481,9	668,8	263,7	126,6	90,1	41,8	311,4	567,8	996,2	2053,5	10099,5
2245065	1533,9	1267,0	942,2	343,2	213,0	94,7	118,3	82,3	254,4	568,8	712,8	1304,0	7434,7
2245088	1393,5	933,2	790,5	475,0	389,3	152,9	110,0	118,0	254,3	547,9	785,9	1222,7	7173,1
2245089	1482,5	1000,7	947,3	377,1	232,7	68,2	76,1	89,9	246,0	562,3	637,4	1225,9	6946,2
2246056	1139,1	811,2	738,3	334,2	269,7	153,4	85,8	89,7	263,4	490,6	594,3	919,5	5889,3
2246057	1021,0	860,9	625,1	454,6	343,0	205,5	107,9	74,4	321,2	482,6	659,6	959,4	6115,1
2247197	1485,5	1088,0	687,6	472,6	324,0	150,2	116,0	80,4	270,2	494,3	714,7	923,5	6806,9
2248110	1247,4	856,5	609,2	429,1	255,4	151,0	49,1	110,7	206,8	408,1	713,6	852,9	5890,0

Região 7

2651040	1171,1	844,7	695,3	710,2	774,9	547,5	589,8	438,6	543,9	929,6	1018,9	803,9	9068,3
---------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------	--------

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2652001	1009,7	763,7	729,8	586,6	681,3	577,2	434,4	519,8	669,4	815,0	660,1	681,9	8128,9
2652031	1115,8	1045,1	693,5	652,6	1070,6	578,7	697,4	398,1	678,7	816,3	921,0	807,6	9475,5
2749035	704,8	659,8	406,5	308,3	459,0	311,2	517,8	360,3	460,5	497,1	622,0	568,8	5876,2
2750011	735,7	834,0	780,4	274,1	336,8	253,5	227,6	476,5	466,9	546,7	616,2	449,7	5997,9
2751001	684,8	877,0	720,3	382,4	420,6	401,8	614,4	865,1	557,3	495,5	692,2	564,7	7276,1
2751006	816,7	712,9	589,3	484,3	608,6	444,9	468,4	671,9	577,6	744,9	736,4	614,7	7470,7
2751011	714,9	759,7	508,6	488,7	615,1	397,4	570,4	282,1	432,8	784,6	650,5	668,0	6872,9
2752017	744,3	883,3	715,4	646,4	986,5	654,8	768,0	459,0	586,6	905,3	774,8	649,7	8773,9
2753013	895,5	1265,5	877,0	795,1	782,3	512,4	441,0	507,0	529,1	869,0	872,8	792,7	9139,4
2849009	660,4	702,5	543,5	256,0	345,9	200,0	339,9	389,7	284,8	345,4	392,6	527,1	4987,7
2850006	917,7	627,7	617,9	273,9	250,3	288,1	485,7	838,2	563,2	446,0	524,8	701,9	6535,2
2851043	719,6	705,2	329,1	601,6	694,7	393,5	664,1	481,0	713,8	796,5	691,9	580,8	7371,8
2851044	775,2	650,7	389,0	642,7	349,6	401,5	485,4	340,7	772,9	669,8	549,0	470,7	6497,1
2954007	758,4	748,3	858,3	829,8	687,6	388,7	376,5	397,0	512,3	855,0	773,0	668,1	7853,2
2954019	741,3	856,9	809,5	657,2	558,1	371,7	414,0	240,3	636,1	778,2	685,9	593,6	7342,8
2955002	736,1	701,2	912,2	847,5	579,0	385,1	310,5	225,5	398,0	771,7	602,1	655,9	7124,8
3152013	425,2	900,7	495,6	518,4	302,2	267,5	516,4	356,2	373,5	415,8	469,5	494,4	5535,4

Tabela 4.3 - Erosividade estimada por equações ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), em base mensal e anual para o Brasil.

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Região 1													
857000	2361	1644,1	2174,2	1251,2	551,6	420	420,7	431,4	543,4	1113,7	1272,4	2082,3	14266,2
1157000	2560,8	2477,7	2502,5	932,7	492,3	421,2	312,1	424,3	536,3	957,1	1169,2	2274	15060,1
60000	489,2	480,8	632,2	998,5	2563,1	2976,4	1953,2	1276,8	713,1	575,1	602,6	490,1	13750,9
61000	427,9	432,7	550,5	989,9	2353,3	2954,8	1951,5	1204	610,7	479,9	533,9	467,4	12956,5
65001	1004,6	906,4	1233,9	1375,2	1636,5	1361,3	1199	841,8	787,1	755,9	922,2	878,7	12902,7
466001	1838,9	1412,1	1567,3	1809,1	1148,9	770	603,6	643,1	724,2	1016,2	1221,7	1421,8	14176,8
956000	2288	2326,7	2284,1	1321,3	530,8	423,8	420,6	432,8	646,4	1072,8	1462,4	2106,2	15315,8
Região 2													
153000	654,7	829,3	1764,5	2563,4	2299,4	703,1	615,7	158,1	14,2	39,7	27	99,6	9768,6
154000	1008,9	1428,6	2445,5	2123,1	1526,4	465,7	275,4	86,2	40,7	46,9	102,6	276,5	9826,7
157000	1630,1	1924,7	3032,7	1997,3	923	261,9	113,4	40,3	42	51	155,5	360,1	10532,1
343003	1176,9	2694,2	5152,2	2960,4	1018,9	218,2	80,8	13,7	10,2	16,4	42,5	396	13780,4
345000	1126	2290,8	4059,1	2736,3	1454,1	425,9	147,1	48,4	29,8	47,9	88,4	349,5	12803,1
354000	1380,2	2050,3	4087,2	3291	1994,1	412,3	155,3	65,1	15,6	28,7	95	363,3	13938
547002	2022,3	2227,3	1818,1	1016,7	144,2	5,5	0,5	9,8	134,9	827,1	1190,2	1597,3	10993,9
554000	1721,3	2075,9	3495	3489	1529,8	299,8	68	21	28,6	23,7	211	671,8	13635
848003	2006,6	1787,8	2192,2	882,1	53,9	1,7	1	3,7	93,3	984	1140,6	1739,1	10886,2
1447002	1177,8	991,8	866,8	400,4	72,2	11,8	70	19,3	142,7	693,3	1092,5	1423,5	6962,1
1451000	2797,8	1595,3	1552,8	194,2	11,1	0,1	135	2,8	29,6	752,1	1343,6	2670,2	11084,7
1559000	2237,5	2060	1790,9	613,4	97,6	11,2	92,5	9,1	57,4	250,4	804,6	1733,8	9758,5
1650002	2862,9	1515,9	1647,8	263,2	24,2	1,8	70,9	4,2	95,2	543,1	1493,1	2724,8	11247,4

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1753002	2228,2	1581,8	1506,2	348,5	70,5	7,7	23,4	9,7	140,4	660,7	1698,8	2139,9	10415,6
Região 3													
52000	1053,3	1184,2	1285,6	1635,8	1624,7	1046,3	885,2	582,2	375,7	202,7	380,8	483,1	10739,6
147008	1262,4	1579,8	1969,7	1738,6	1267	758,7	655,5	464,1	301,9	257,4	206,6	563,2	11025,1
51001	1108,3	1290,1	1524,4	1539,4	1205,7	911,7	539	270,5	52,3	46	233,4	552,2	9272,9
146000	1067,6	1519,1	2065,9	1839,3	1543,2	882,2	884,4	503,9	172,8	71,8	75,2	335,8	10961,2
Região 4													
940024	364,1	473,3	1065,9	303,9	283,9	460	181,6	75,6	71,2	72,8	185,4	346,3	3884
1142020	737,3	704,2	738	297,3	116,5	101,5	641,9	92,8	90,9	176,6	596,1	1023	5315,8
1145019	1062,6	753,8	916,6	237,9	77,9	69,4	420,7	69,9	76,3	263,3	1528,6	2294,3	7771,3
1344013	1529,9	911,3	705,4	157,2	72,5	70,7	114,1	70	78,6	326,9	1290,8	2409,9	7737,4
1344017	1403,7	916,6	823,7	154,3	72,6	70,8	290,8	69,9	78	302,3	1208,3	2062,5	7453,5
1443000	1084	877,6	745,6	176,3	72,4	70,1	126,2	70	97,3	255,6	1716,2	2016,4	7307,8
1443002	1103,7	672,5	599,8	210,6	76,8	73,1	99	71,8	78	267,4	1166	1978,3	6396,9
1444001	1628,7	805,3	852,2	180,9	71,9	70,8	5,2	70	79,1	347,2	1204,9	1858,9	7175
1444017	1822,7	817	933,1	173,9	71,2	71	661,9	70	75,8	373	1156,6	1885,8	8112,1
1541001	768,6	489,2	673,4	362,7	276	259,4	70	172,6	105,5	245,4	915,6	1130,2	5468,5
1541010	956	599,7	633,1	215,9	119,6	100,8	24	92,9	99,7	320,8	1224,3	1453,7	5840,5
1542014	1344,8	765,5	577,6	209,7	104	96,5	3	83,7	84,7	377,2	1342,5	1757	6746,1
1542015	1669,9	927,4	634,7	172,4	72,8	71,2	100,2	70,1	78,8	351,9	1840,4	2129,6	8119,5
1543013	1535,5	666,6	635	195,4	73,6	70,1	32,6	70	80,3	410,2	1604,8	1659,6	7033,8
1544012	1867,2	1106,3	709,4	249,5	87,4	72	8,8	70,6	95,5	493,4	1462,5	1989,3	8211,9

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1640000	608,7	308,5	550,3	230,8	133,2	109	70	94,5	114,6	337,8	1190,4	1206,4	4954
1641001	1095,5	327,1	429,7	129	79,6	72,7	22,3	72	88,1	312,1	1138,5	1619,9	5386,5
1643020	1635,3	740,8	524,3	193,2	74,1	70	11,2	70	88,1	453,1	1771,6	1843,9	7475,8
1741001	1316,1	650	554,2	324,9	114,8	88,7	20,7	85,6	106	463,8	1419,3	1975,2	7119,3
1743002	1773,6	717	697,9	188,5	80,9	70,2	16,5	69,7	89,1	544,6	1601,5	2230,9	8080,3
1841011	1186,9	487,3	580,4	280,4	101,7	65,1	37,7	59,9	125,3	469,5	1158	1347,7	5900
1941005	1338,3	476,6	575,1	258,3	100,8	68,4	31,5	69,2	115,5	435,6	1285,9	1602,3	6357,7
1941006	1172,5	579,2	673,3	278,8	95,4	48,7	24,4	49,2	106,5	482,2	1063,7	1433,5	6007,5
Região 5													
2243205	1166	826	747,8	337,9	153,6	99,6	62,9	96,2	239,9	421,1	643,7	1000,5	5795,2
2243251	1140,8	828,3	757,2	369,8	176,2	106,6	110,1	111	241,2	400	619,9	1008,2	5869,3
2244103	1264,8	976,8	882,2	374,8	175,8	94,8	44,3	110,5	222,2	424,1	686,4	1126	6382,7
2242091	1289,1	858	809,2	529,1	257,7	171,3	85,2	168,2	383,7	463,8	819,4	1276,6	7111,5
2242094	1231,6	889,5	865,8	663,1	327,8	229,1	181,6	223,6	473	493,3	809,2	1301	7688,6
2242095	1417,1	882,4	822,6	464,4	217,3	148	63	146,6	361,9	471	869,7	1319,1	7183,1
2242101	1157,7	780,2	734,6	511,6	261,9	174,6	120,8	171,4	364,6	446,2	755,4	1155,1	6633,9
2243083	726,7	587,7	552,5	572,7	337,7	212,3	74,7	226,6	339,3	360,2	458,6	747,4	5196,2
1037078	95,3	138	298,8	611,2	988,2	852,8	420,3	431,9	224,3	177,1	115,5	121,2	4474,7
1238051	240,7	297,3	433,3	735,2	1045,6	707,9	419,4	381	273,5	251	364,7	332,8	5482,3
1239007	290,5	319,3	485,3	676,8	907,1	619	421	400,4	246,3	221,5	439,3	355,4	5381,8
1339012	406,4	469,6	718,6	1025,9	1126,3	749,3	392,2	411,1	297,9	326,7	563,3	521,6	7008,9
1439014	597,3	567,8	848	803,6	644,6	473,3	0,1	318,4	254	321,9	746,3	834,5	6409,9

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1439044	664,3	592,1	850,1	754,8	528,8	405,8	70	298,9	251,1	345,4	798,4	847,7	6407,6
1539006	357,2	258,6	467,2	231,4	163,6	111,3	13,1	102,1	112,3	270	529,4	540,3	3156,6
1740005	632,1	446	631	306,8	168,8	143,2	89,8	117,5	156,1	445,4	1055,5	1314,2	5506,5
1840010	809,7	400,8	538,5	330,1	197,9	187,1	47,3	148,8	187,1	463,7	1020,9	1229,1	5560,9
1840013	1157,1	416,4	571,6	266,8	116,6	99,9	103,5	91,7	119,6	458,4	1192,5	1593,8	6187,7
2041020	961,9	858,1	1201,7	610,6	336,4	207	44,6	186,5	377,6	709,3	1222,2	1166,1	7882
2242019	1260,5	712,8	680,9	343,8	144,1	92,1	59,1	85	250	408,7	834,8	1171,9	6043,5
Região 6													
1646001	1906,4	1036,1	757,5	293,7	88,3	71,9	317,2	70	89,8	700	1587,3	2004,7	8923
1746006	1187	951,7	639,5	360,1	31,3	10,6	27,7	6,1	52,8	421,8	1082	1626	6396,6
1746007	1262,5	806,8	649,1	246,5	89,5	15,6	115	41,7	115,5	557,8	1051,9	1637,2	6589,2
1843003	1261,9	764,2	793,4	313,4	83	19,4	252,5	30,2	133,4	530	1077,4	1506,5	6765,3
1845004	1306,4	910,6	805,9	320,3	99,7	36,2	25,4	29,7	158,3	483,9	969,6	1433,4	6579,4
1845021	1348	809,7	803,7	319,5	75,6	25,2	42,2	18,3	137,7	522,5	1075,8	1376,5	6554,7
1846005	1513,8	908,2	808,7	392,7	86,9	33,9	26,6	9,3	185,7	488,5	1082,4	1435	6971,8
1848000	1136,8	948,3	868,4	311,6	85,4	36,8	56,3	21,5	205,1	569	808	1388,8	6436,1
1848010	1287,9	1016,3	922,6	311	55,3	22,3	6	19,3	149,5	598,4	855,5	1590,9	6834,9
1849016	1409,6	1073,2	765,7	286,3	107,2	29,6	26,6	18,2	105,1	530,8	818,8	1155,6	6326,7
1942032	1137,4	552,1	652,6	317	100,8	41,7	63,2	40	121,3	463,9	1048,9	1252,5	5791,4
1943002	1273,7	831,5	658,6	333,3	94,1	26,5	34,7	24,5	135,8	576,9	1196,7	1731	6917,3
1943003	1202,2	731,2	734,6	279,7	93,6	32,8	76	27,8	118,2	494,4	1074,6	1517,3	6382,5
1943009	1303,7	789,1	623,6	206,1	71,2	20,3	110	30,8	128,4	479,8	1024,7	1544,3	6331,9

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
1943010	1368,2	804,8	677,2	220,8	80,4	27,1	24,6	32,6	131,4	497	1026,5	1609,6	6500,2
1943022	1353,3	806,5	656	219,4	71,9	25,1	36,8	35,2	133,5	498,9	1028,1	1569	6433,7
1943025	1318	796,4	689,7	293,7	87	25,1	26,2	22,3	125	540,1	1128,2	1630,1	6681,8
1943035	1373,9	787,6	695,7	288	93,9	30,8	29,1	31,4	129,5	559,8	1142,1	1489,9	6651,6
1944004	1338,7	767,2	720,4	227,7	82	42,2	27,1	33,8	150	498,4	1070,5	1557,6	6515,6
1944032	1380,2	831,4	645,1	211,6	81,9	27,5	41,9	32,9	144,8	481,8	938,9	1436,1	6254,2
1944049	1367,7	802,1	609,5	225,9	89,3	28,8	33,5	31,6	136,3	498,9	947	1395,3	6165,9
1946008	1265,4	906,9	793,2	286,3	122,9	39,1	28	31,3	168,8	555,4	960,9	1355,8	6514
1946009	1281,6	928	844,4	319,8	101,4	37,9	138,8	32,4	156,7	480,7	958,1	1455,1	6734,8
2042008	1114,3	625,4	651,8	255,6	97,9	37,5	31,5	39,6	130,1	437,8	938	1425,5	5785,1
2043002	1392,6	842,9	704,7	235,1	78,1	31,3	40,8	37,2	141,2	521,8	1015,4	1589,4	6630,4
2043009	1283,8	850,4	777,5	249,9	96,2	42,5	43,1	48,6	164	490,3	957,2	1573,6	6577,1
2043010	1242,2	802,3	718,7	235	92,6	40,9	34,5	54,8	186,7	515,1	941,6	1454,5	6318,8
2043018	1238,3	904	728,9	222,1	75,7	63,7	34,6	55,1	183,3	623,8	887,2	1404,8	6421,4
2043026	1185,9	762,1	689,9	225,8	96	41,8	32,5	61,5	200,1	520	929,4	1344,4	6089,3
2044007	1293,3	858,5	711,7	216,8	95,6	55	47,9	42,5	185,2	550,5	869,9	1425,3	6352,3
2044024	1330,4	683,6	721,5	251,1	85,2	49,5	32,1	40,5	176,3	482,2	1104,8	1560	6517,2
2044041	1327,3	702,3	709,7	251,6	83,3	45,9	41,2	41,1	179,4	482,5	1075,3	1524,8	6464,3
2045002	1264,8	834,4	666,9	242,6	109	41,5	46,9	32,5	182	515,9	840,1	1353,8	6130,6
2045012	1348	922,9	732,1	274,8	118,3	43,4	33,9	48,3	212,1	499,4	880,8	1424,6	6538,6
2047016	1346,5	1134,8	866,7	272,1	126,1	56,6	114,9	27,4	140,1	637,2	892,2	1152,8	6767,4
2048002	1405,7	1219,1	839,8	262	96,6	55,7	32,1	25,4	152,6	513,5	949,2	1372	6923,6

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2143000	1217,1	878,6	785,6	251,9	95,7	58,3	48,8	70,3	198,5	532,7	901,9	1346,6	6385,8
2143001	1221,4	879,8	762,1	248,6	97,1	58,1	32,4	69	195,2	522,1	901,9	1314	6301,7
2143003	1248	912	809,9	254,7	93	61	49,4	67,4	203,6	571,1	886,7	1385,8	6542,6
2143011	1331,9	939,1	823,7	303,5	128,4	78,5	42,9	74,1	224,2	488,7	795,8	1234,2	6465,1
2143018	1267,7	900,6	790,8	259	96,6	59,8	40,2	67	197,9	515,1	891,4	1317,5	6403,6
2144007	1327,8	986,1	815,4	284	106,6	68,5	72,9	62,3	203	578,9	849	1405,4	6759,8
2144018	1349,6	1008,7	882,4	327,1	132,7	84,2	29,3	84,8	245,2	527,4	797,4	1274,4	6743,1
2144023	1428,3	1005,8	765	268,4	96,9	72,2	42,9	49,9	224,3	646,2	939,3	1660,9	7200,2
2145008	1180,2	1131,9	713,3	219,1	118,5	52,9	54,8	75,3	222,7	556	744	1543,5	6612,3
2146030	1216,4	1022,8	806,2	264,9	150,5	86,4	73,9	54,1	241,9	535,2	836,5	1359	6647,7
2243004	1270,5	882,7	754,1	319,5	142,6	90,9	54,3	84,3	236,9	450,3	728,9	1096,3	6111,3
2244047	1350,3	1034,2	973,6	336,2	146,9	83,5	60,5	91,1	235,7	509,9	753,4	1179,7	6754,9
2244058	1518,7	1096,3	1039,7	395,8	148,4	82,7	54,7	89,4	253,3	533,1	816,2	1281,1	7309,5
2245065	1215,9	1071,6	737,4	243,2	146,9	86,4	52	96,1	264,2	528,5	773,9	1343,8	6560
2245088	1196,3	1088,5	743,3	244,5	141	92,6	28,1	104,9	280,4	529,8	769,7	1303	6521,9
2245089	1281	1007,7	779,1	266,1	158,4	99,5	69,7	89,5	254,2	557,9	784,5	1354,5	6702,2
2246056	1392,7	1088,3	778,5	279,9	135,8	123,4	36,6	76,1	285,9	493,7	787,7	1252,3	6730,9
2246057	1516,4	1227,3	890	279,2	191	121,8	47	122,4	208,4	650,9	708,7	1285	7248,1
2247197	1635,5	1328,5	802,8	152,9	100,4	77	53,7	36	129,4	549,9	686,2	1334,1	6886,3
2248110	1579,9	1296,6	821,6	136,6	94,1	69,3	32,5	30,2	120	544	756,7	1444,7	6926,3

Região 7

2651040	879,9	721,6	689	728,5	758	835,3	638,7	700,7	834,2	953,4	655	741,2	9135,6
---------	-------	-------	-----	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	--------

Continua...

...continuação

Código	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
2652001	839,6	767	677,8	703,8	741,1	773,3	701,9	685,6	798,8	984,8	682,5	717,5	9073,8
2652031	816,9	795,7	601,7	751,7	860,5	763,5	310,9	570	768,9	1006,6	808,5	786,9	8841,6
2749035	690,9	584,1	523,6	468,9	521,2	596,7	543,5	629,7	679,9	646,8	540,3	563,1	6988,6
2750011	702,2	571,9	558,5	492,1	538,4	650	739,2	626,3	709,7	677,5	564,6	576,4	7407
2751001	733,7	738,3	481,3	610	691,5	623,2	569	596,5	751,2	919,3	710,8	644,4	8069,1
2751006	723,2	717,3	522,4	560	659,3	624	485,4	659,5	736,7	855,2	669,6	659,3	7871,9
2751011	852,3	718,7	593,5	674	690,2	765,1	491,1	664,8	802,6	995,6	618,2	703,4	8569,4
2752017	663,1	687,4	535,4	563,1	675,7	646,4	440,1	604	736,3	858	677	612,8	7699,2
2753013	694,1	716,4	579,4	659,1	719	635,1	279,1	586,3	704,8	915,3	673,2	667,3	7829
2849009	843,6	720,4	601,9	468,6	474,2	438,8	665,8	551,9	584,3	574,2	517,2	538,6	6979,4
2850006	674,2	645,5	549,1	396,3	429,4	500,8	638	685,5	629,4	594,8	510,9	607,1	6861
2851043	720,8	708,3	453,4	591,9	698,8	589,9	787,2	586,2	746,3	888,5	722,8	647,3	8141,4
2851044	609,5	569,9	521,3	466,7	452,3	603,6	466,9	678,6	738,5	666,8	536,2	615,5	6925,4
2954007	665,4	671,3	618	775,7	624,7	603,1	564,8	538,3	700,8	741,8	591,7	527,9	7623,5
2954019	505,8	554,6	549,5	533,8	470,6	609,7	525,2	581,3	677,9	686,2	498,7	592,7	6786
2955002	661	646,7	689,9	772,1	543,6	467,3	509,3	377,2	520,4	654,4	631,4	497,2	6970,5
3152013	501,4	573,5	447	469,4	470	480,8	489,2	497,5	511,4	488	493,2	396,8	5818,3