



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**

Núcleo Estadual do Paraná

Boletim Técnico

Curitiba | PR | Julho | 2011 | Edição 1



EROSIVIDADE DE CHUVAS NO ESTADO DO PARANÁ:

ATUALIZAÇÃO E INFLUÊNCIA DOS EVENTOS “EL NIÑO” E “LA NIÑA”

Paulo Cesar Waltrick

Marco Aurélio de Mello Machado

Dalziza de Oliveira

Alice Marlene Grimm

Jeferson Dieckow

JULHO/2011

**EROSIVIDADE DE CHUVAS NO ESTADO DO
PARANÁ: ATUALIZAÇÃO E INFLUÊNCIA DOS
EVENTOS “EL NIÑO” E “LA NIÑA”**

Paulo Cesar Waltrick
Marco Aurélio de Mello Machado
Dalziza de Oliveira
Alice Marlene Grimm
Jeferson Dieckow

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Núcleo Estadual do Paraná
Curitiba
2011



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**

Núcleo Estadual do Paraná

Editor

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Estadual do Paraná

Revisão

Gonçalo Signorelli de Farias

Design Gráfico

Sílvio Lovato (silvio@lovatodesign.com.br)

Tiragem: 500 exemplares

Impressão: Reproset Indústria Gráfica Ltda – Curitiba/PR

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte.

É proibida a reprodução total desta obra.

Erosividade de chuvas no Estado do Paraná: Atualização e influência dos eventos “El Niño” e “La Niña”/ Paulo Cesar Waltrick... [et al.]. – Curitiba: DSEA, 2011. 20 p. il. – (SBCS-NEP. Boletim técnico, 01).

ISSN 2236-2916

1. Potencial erosivo 2. Pluviometria. 3. ENOS. I. Waltrick, Paulo Cesar. II. Machado, Marco Aurélio de Mello. III. Oliveira, Dalziza. IV. Grimm, Alice Marlene. V. Dieckow, Jeferson. VI. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - NEP. VII. Título.
-

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

2011

AUTORES

Paulo Cesar Waltrick

Bel. em Física, M. Sc. em Ciência do Solo

Professor de Física

SEED - Curitiba – PR

pcwaltrick@seed.pr.gov.br

Marco Aurélio de Mello Machado

Eng. Agrônomo, M. Sc. em Meteorologia Agrícola

Professor da Universidade Federal do Paraná

UFPR - Curitiba – PR

marcomello@ufpr.br

Dalziza de Oliveira

Eng. Agrônomo, Ph.D. em Agronomia

Pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná

IAPAR - Londrina – PR

dalziza@iapar.br

Alice Marlene Grimm

Bel. em Física, Dra. em Meteorologia

Professora da Universidade Federal do Paraná

UFPR - Curitiba – PR

grimm@fisica.ufpr.br

Jeferson Dieckow

Eng. Agrônomo, Dr. em Ciência do Solo

Professor da Universidade Federal do Paraná

UFPR - Curitiba – PR

jefersondieckow@ufpr.br

SUMÁRIO

RESUMO _____	5
1.1 INTRODUÇÃO – CAPÍTULO 1 _____	6
1.2 MATERIAL E MÉTODOS _____	8
1.2.1 DETERMINAÇÃO DA EROSIVIDADE _____	9
POR PLUVIOMETRIA	
1.2.2 ANÁLISE GEOESTATÍSTICA _____	9
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	10
1.4 CONCLUSÕES _____	18
1.5 REFERÊNCIAS _____	19
2.1 INTRODUÇÃO – CAPÍTULO 2 _____	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS _____	25
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	26
2.4 CONCLUSÕES _____	33
2.5 REFERÊNCIAS _____	35

RESUMO

A erosão hídrica é uma das principais causas de perdas de solo na maioria das regiões do planeta. Nas regiões tropicais e subtropicais estas perdas são maiores, devido a elevada erosividade das chuvas, principalmente durante eventos climáticos como o El Niño e La Niña. O objetivo deste trabalho foi estimar a erosividade das chuvas para o estado do Paraná e avaliar a influência dos eventos climáticos El Niño e La Niña. A erosividade das chuvas foi estimada utilizando-se o método pluviométrico. A influência dos fenômenos El Niño e La Niña, foi determinada, separando-os em períodos: Geral, Neutro, El Niño e La Niña. À partir dos dados de precipitação média mensal (p) e anual (P) de cada localidade, foi calculado o coeficiente de chuva (Rc), que, aplicado como variável independente na correspondente equação linear regional, resultou na erosividade estimada para cada localidade, as quais reunidas e processadas, utilizando técnicas de interpolação geoestatísticas, deram origem aos mapas isoerodentes, que indicaram um aumento na erosividade média anual de 500 a 1000 MJmmha⁻¹h⁻¹ano⁻¹, dependendo da região. As chuvas mais erosivas do Estado ocorreram nas regiões litorânea, oeste e sudoeste, contudo em períodos diferentes: na região litorânea em janeiro e no oeste e sudoeste em outubro. A influência dos eventos El Niño e La Niña foi mais expressiva no mês de novembro. Nesse mês, e dependendo da região do Estado, a erosividade das chuvas aumentou 40 a 100%, no caso de El Niño, e diminuiu 10 a 50%, no caso de La Niña, sendo a região sudoeste a mais afetada pela elevada erosividade em períodos de El Niño e pela baixa precipitação em períodos de La Niña.

Termos de indexação: potencial erosivo, pluviometria, ENOS

CAPÍTULO 1

ATUALIZAÇÃO DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O ESTADO DO PARANÁ (1986 – 2008)

1.1 INTRODUÇÃO

Erosividade é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão do solo, e se constitui em grande problema nas áreas de utilização agrícola dos solos (Mazurana et al., 2009). Embora seja apenas um dos fatores que influenciam a erosão hídrica, a erosividade destaca-se por ser aquele que dá início ao processo, pois a energia cinética do impacto da gota de chuva desagrega as partículas e causa uma pequena compactação que diminui a infiltração de água e favorece a formação do escoamento superficial, que se transforma em enxurrada nos canais naturais ou em canais induzidos; esta concentração da enxurrada além de transportar as partículas desagregadas também causa erosão pela ação da força de cisalhamento e do movimento turbulento (Cogo & Bertol, 1998). Este processo é intensificado pela declividade do terreno à medida que a enxurrada adquire energia potencial e pelas características intrínsecas do solo (erodibilidade).

As partículas de solo desagregadas e transportadas acabam depositadas nas partes mais baixas e planas do terreno ou nos leitos dos rios, assoreando os mesmos e favorecendo as inundações. Em áreas agrícolas que não adotam técnicas de manejo e práticas conservacionistas adequadas, além das partículas de solo a erosão hídrica também transporta os fertilizantes e defensivos, acarretando prejuízos econômicos e ambientais.

O conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam a erosão hídrica são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas em uma região (Carvalho et al., 2005). A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) ou sua versão revisada (RUSLE), são modelos empíricos que estimam as perdas médias anuais de solo de determinado local, permitindo orientar o planejamento conservacionista com base na seleção de combinações de uso do solo, manejo da vegetação e práticas capazes de manter essas perdas em níveis toleráveis (Wischmeier & Smith, 1978).

A USLE proposta por Wischmeier & Smith, é dada por: **A = R.K.L.S.C.P**. Esta equação engloba um conjunto de fatores naturais e antrópicos. Os fatores naturais são descritos pela erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), o comprimento da encosta (L) e a declividade da encosta (S). Os fatores antrópicos são descritos pelo uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P), sendo (A) a variável dependente que expressa a taxa anual de perdas de solo (Mello et al., 2006).

A erosividade das chuvas, uma das variáveis da RUSLE, indica o potencial da chuva em causar erosão. Este fator é estimado à partir do produto da energia cinética da chuva por sua intensidade máxima em 30 minutos, sendo expressa como EI_{30} (Wischmeier & Smith 1978). Esta metodologia exige a leitura de pluviogramas diários para um período mínimo de 22 anos, tornando-a trabalhosa. Além disso, muitas localidades brasileiras ou não possuem dados pluviográficos ou estes são bastante escassos. Para superar este obstáculo, muitos pesquisadores têm utilizado equações de correlação que permitem estimar a erosividade de uma região utilizando dados pluviométricos, mais simples de serem obtidos e que possuem séries históricas longas na grande maioria das localidades brasileiras (Rufino et al., 1993; Moreti et al., 2003; Carvalho et al., 2005; Gonçalves et al., 2006; Peñalva Bazzano et al., 2007; Cassol et al., 2008; Mazurana et al., 2009).

A ampla utilização do sistema de plantio direto e os resíduos das culturas deixados como cobertura, possibilitou aos produtores paranaenses reduzir o uso de técnicas como o terraceamento, que diminui a enxurrada e aumenta a infiltração de água no solo. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas e erosivas nos últimos anos expôs novamente a agricultura paranaense a perdas de solo incompatíveis com a produção sustentável (Caviglione et al., 2010).

O Estado do Paraná teve sua última estimativa de erosividade realizada pelos Engenheiros Agrônomos e pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Ronaldo L. Rufino, Rui C. M. Biscaia e Gustavo H. Merten em 1993. Os valores estimados foram determinados através de dados pluviométricos e pluviográficos coletados no período entre 1972 e 1989. Possíveis mudanças na precipitação nas últimas duas décadas podem ter alterado o potencial erosivo das chuvas e sua distribuição nas diferentes regiões do Estado.

O objetivo deste trabalho foi atualizar a erosividade anual e gerar mapas isoerodentes mensais que possibilitem identificar a distribuição espacial da erosividade ao longo do ano para o Estado do Paraná, utilizando-se para isto dados pluviométricos de 1986 a 2008.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado para todo o Estado do Paraná, entre 22°29'30" e 26°43'00" de latitudes Sul e 48°05'37" e 54°37'08" de longitudes Oeste, o qual encontra-se em uma região de transição entre o clima tropical na porção norte do Estado e o subtropical característico da Região Sul do país. Segundo a classificação de Köppen, o clima do Paraná é dividido em Af (tropical) sempre úmido, sem estação seca e isento de geadas, na planície litorânea; Cfa (subtropical) com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas no verão nas Regiões Norte, Oeste e parte do Sudoeste; Cfb (temperado) com verões frescos, sem estação

seca definida, entre o primeiro, segundo e parte do terceiro planaltos (ITCF, 1987).

1.2.1 Determinação da erosividade por pluviometria

Esta pesquisa utilizou o método pluviométrico para estimar a erosividade das chuvas. Este método depende apenas de séries históricas de pluviometria, mais fáceis de serem obtidas. Foram analisadas séries pluviométricas de 114 localidades que possuíam dados mensais completos no período de 01/01/1986 a 31/12/2008.

A erosividade foi estimada através das oito equações lineares propostas por Rufino et al. (1993), de acordo com a região em que está localizada a estação e convertidas para o Sistema Internacional de Unidades. A variável dependente (Y) resultou na erosividade mensal, e a soma das erosividades mensais, ao longo de 12 meses, resultou na erosividade anual. A média das erosividades anuais de 1986 a 2008, resultou na erosividade média anual, representada pelo fator R da RUSLE para cada uma das 114 localidades. A variável independente (X), foi determinada através da equação (1) adaptada por Lombardi Neto (1977):

$$R_c = p^2/P \quad (1)$$

em que R_c é o coeficiente de relação da chuva, p é a precipitação média mensal (mm) e P é a precipitação média anual (mm).

1.2.2 Análise geoestatística

Os mapas isoerodentes foram gerados com técnicas de interpolação geoestatísticas que caracterizam melhor eficácia por considerar a existência de uma forte dependência espacial (Mello et al., 2007). O método utilizado foi o da máxima verossimilhança e os valores

de erosividade interpolados por krigagem ordinária.

Todas as análises descritivas, geoestatísticas e produção de mapas do presente estudo, foram realizadas utilizando o programa estatístico R (Development Core Team, 2010) e o pacote geoR (Ribeiro Junior & Diggle, 2001).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1.1 são apresentadas as erosividades médias anuais para 114 localidades do estado do Paraná, estimadas com dados pluviométricos, no período de 1986 a 2008.. Dentro desta ampla rede de estações analisadas, a cidade de Ampère, no sudoeste do Estado foi a que apresentou a máxima erosividade média anual ($12.581 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$) e Piraquara, na região metropolitana de Curitiba, a que apresentou a mínima erosividade média anual ($5.449 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$), (Quadro 1.1). Isto demonstra a grande variação da erosividade dentre as diferentes regiões do Estado, o que pode implicar na adoção de práticas conservacionistas e de uso e manejo do solo também diferenciadas. Esta variação também é percebida ao longo do ano quando se analisa as erosividades mensais. Na média de todas as localidades, a erosividade é mais acentuada, em ordem decrescente, nos meses de janeiro, outubro, fevereiro e dezembro, e tem seu potencial erosivo reduzido nos meses de julho e agosto (Figura 1.1).

Este resultado serve apenas de referência devendo cada localidade ser analisada individualmente, mas de forma geral, como é de se esperar, as chuvas são mais erosivas nos meses de verão e menos erosivas nos meses de inverno. Contudo, observou-se um resultado importante para o mês de outubro, segundo mais erosivo, com resultado próximo ao do mês de janeiro, estimado como o mais erosivo. Este resultado é preocupante em termos de erosão do solo e potencial de perdas de água por escoamento superficial, pois no Paraná outubro é o

mês que se segue à colheita das culturas de inverno e precede o plantio de culturas de verão, levando a uma condição em que o solo se encontra desprotegido quanto ao potencial erosivo das chuvas.

Os mapas isoerodentes permitem identificar a distribuição espacial da erosividade. Assim, a região sudoeste, no terceiro planalto paranaense, é a que apresenta os índices mais expressivos de erosividade, ultrapassando, em algumas localidades, $12.000 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$, seguida pelas regiões litorânea e oeste (Figura 1.2). Estes valores são superiores às elevadas erosividades encontradas por Peñalva Bazzano et al. (2007), para Quarai, RS, que alcançaram $9.292 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$; por Cassol et al. (2008), para São Borja, RS, de $9.751 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$, e por Mazurana et al. (2009), para Santa Rosa, RS, de $11.217 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Nas regiões centro-norte e noroeste a erosividade estimada foi menor, variando de 6.000 a $8.000 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (Figura 1.2), próximo às encontradas no Estado de São Paulo por Roque et al. (2001), para Piraju, SP, de $7.074 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e Colodro et al. (2002), para Teodoro Sampaio, SP, de $7.172 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Quadro 1.1 - Erosividade média anual (R) em $MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$ para 114 localidades do Estado do Paraná, estimadas com dados pluviométricos no período 1986 - 2008

Nº	Localidade	R	Nº	Localidade	R	Nº	Localidade	R
1	Adrianópolis	6368	39	General Carneiro	8670	77	Pato Branco	11861
2	Alto Piquiri	10312	40	Goioerê	10645	78	Pinhão	9843
3	Altonia	10084	41	Grandes Rios	10014	79	Piraquara	5449
4	Ampére	12581	42	Guairá	10509	80	Pitanga	8819
5	Andirá	7544	43	Guaraniaçu	12384	81	Planalto	11571
6	Antonina	11088	44	Guarapuava	9140	82	Ponta Grossa	6790
7	Arapongas	7880	45	Guaraqueçaba	10613	83	Porecatu	8257
8	Assis Chateaubriand	10982	46	Ibiporã	8531	84	Porto Amazonas	6739
9	Bandeirantes	7529	47	Inácio Martins	8753	85	Porto Vitória	8557
10	Barbosa Ferraz	9264	48	Iratí	7442	86	Prudentópolis	8586
11	Barracão	12412	49	Iretama	11456	87	Quedas do Iguaçu	12173
12	Bela Vista do Paraíso	8611	50	Itapejara do Oeste	11463	88	Realeza	10719
13	Bituruna	8669	51	Ivaiporã	9682	89	Rio Branco do Sul	6001
14	Bocaiúva do Sul	6194	52	Ivaí	7077	90	Rio Negro	6810
15	Cambará	7520	53	Jaguariaíva	6657	91	Roncador	11906
16	Campina da Lagoa	11461	54	Janiópolis	10762	92	Salto do Lontra	11712
17	Campo Largo	6104	55	JoaquimTávora	6771	93	Santa Fé	7415
18	Campo Mourão	10430	56	Lapa	6578	94	Santa Helena	11261
19	Cândido de Abreu	7281	57	Laranjeiras do Sul	9687	95	Santa Izabel Ivaí	6683
20	Capinema	10984	58	Londrina	7945	96	Santa Izabel do Oeste	11573
21	Cascavel	11588	59	Mallet	7068	97	São Jerônimo da Serra	8489
22	Castro	5627	60	Mamborê	11492	98	São José dos Pinhais	8777
23	Cerro Azul	5959	61	Mandrituba	5670	99	São Mateus Sul	7090
24	Céu Azul	12121	62	Manoel Ribas	10761	100	São Miguel do Iguaçu	10701
25	Cianorte	9713	63	Mariluz	9663	101	Tapejara	9429
26	Clevelândia	9614	64	Maringá	7664	102	Telêmaco Borba	7102
27	Corbélia	12088	65	Mariópolis	11651	103	Terra Roxa	10415
28	Coronel Vidua	10880	66	Matelândia	11531	104	Tibagi	7007
29	Cruz Machado	9058	67	Morretes	8550	105	Tijucas do Sul	6377
30	Cruzeiro do Oeste	10026	68	Nova Cantu	12018	106	Toledo	10623
31	Curitiba	5937	69	Nova Fátima	7698	107	Tomazina	7089
32	Dois Vizinhos	11864	70	Palmas	9842	108	Tuneiras do Oeste	10126
33	Entre Rios	10495	71	Palmeira	6022	109	Ubiratã	10910
34	Fênix	8948	72	Palmital	12164	110	Umarama	10313
35	Fernandes Pinheiro	7024	73	Palotina	10436	111	União da Vitória	8274
36	Formosa do Oeste	10286	74	Paranacity	6563	112	Verê	12408
37	Foz do Iguaçu	11037	75	Paranaguá	9064	113	Vitorino	12023
38	Francisco Beltrão	11896	76	Paranavaí	7340	114	Xambê	9364

Na comparação dos mapas isoerodentes desta pesquisa com a de Rufino et al. (1993), é possível perceber uma tendência de aumento da erosividade nos últimos 23 anos, de aproximadamente $500 MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$ na região do primeiro planalto e de $1000 MJmmha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$ nas regiões do segundo e terceiro planaltos. No sudoeste onde ocorrem a chuvas potencialmente mais erosivas do Estado, os resultados foram praticamente os mesmos nas duas pesquisas. O aumento da erosividade pode ser justificado pelo aumento da precipitação média anual que tem ocorrido na região. Pesquisas têm mostrado uma tendência de aumento nas precipitações na região Sul do Brasil nas últimas décadas. Estas alterações podem estar ocorrendo devido às mudanças climáticas e as mudanças no uso da terra, como desmatamentos para utilização agropecuária (Groissman et al., 2005; Alexander et al., 2006; Marengo & Valverde 2007).

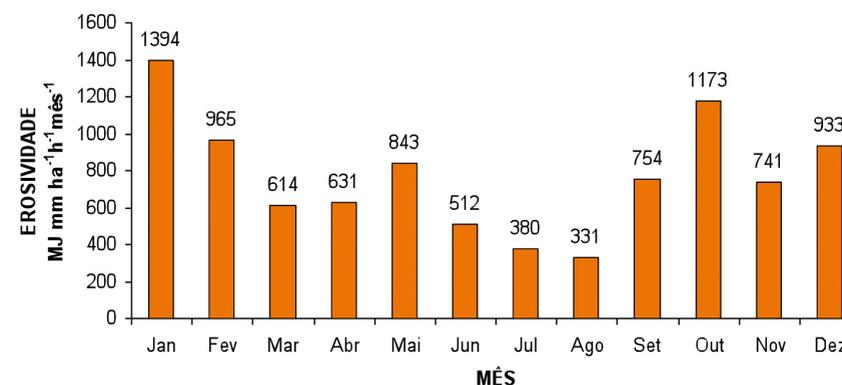


Figura 1.1 - Distribuição média mensal da erosividade considerando as 114 localidades do Paraná, no período de 1986 a 2008.

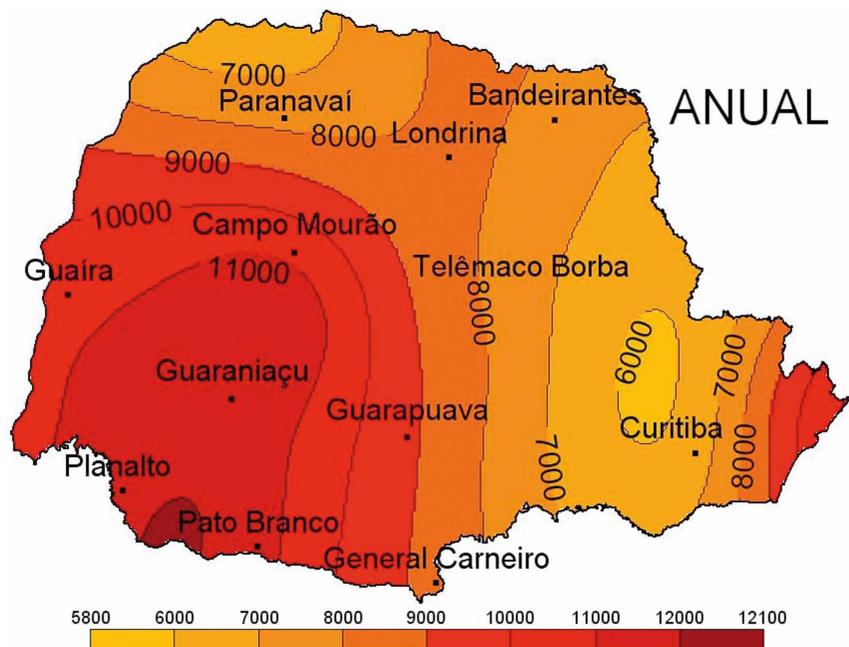


Figura 1.2 - Mapa de linhas isoerodentes médias anuais do Estado do Paraná, período 1986 a 2008, em $MJmha^{-1}h^{-1}ano^{-1}$

As diferentes erosividades médias estimadas para as regiões do Estado do Paraná, sugerem quanto ao fator R da RUSLE, que nas regiões sudoeste, oeste e litoral, as chuvas têm um potencial erosivo consideravelmente maior que nas outras regiões do Estado.

As Figuras 1.3 e 1.4 apresentam as evoluções mensais (janeiro a junho e julho a dezembro, respectivamente) e as distribuições espaciais da erosividade média no Paraná, confirmando os meses de janeiro e outubro como os potencialmente mais erosivos, principalmente no litoral e no sudoeste respectivamente.

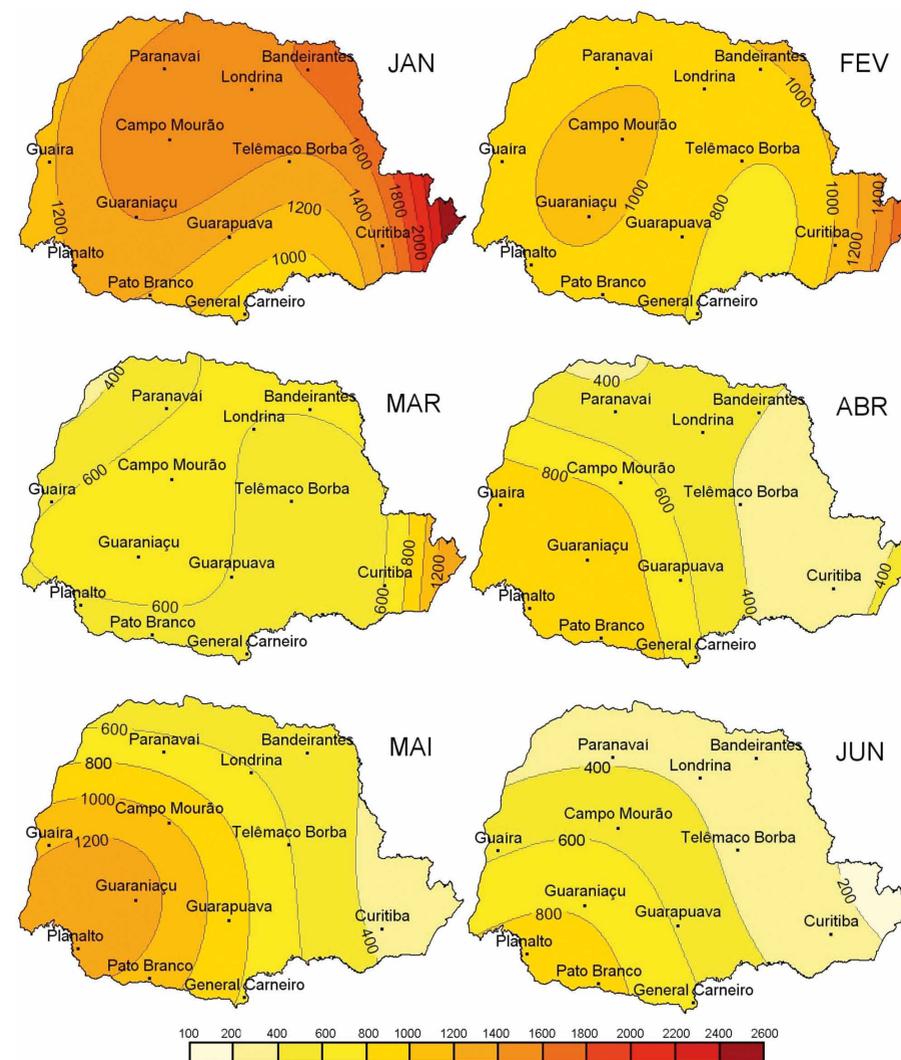


Figura 1.3 - Estimativa da erosividade média mensal das chuvas para o Estado do Paraná, para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, valores médios mensais em $MJmha^{-1}h^{-1}mês^{-1}$.

A partir de análises mensais percebe-se que, à medida que se avança para os meses de inverno, a erosividade vai diminuindo em todas as regiões, principalmente no litoral, que tem sua erosividade reduzida de $2.600 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$ em janeiro, para cerca de $100 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$ em agosto. Já para a região sudoeste, a erosividade média mensal diminui de $1.200 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$ em janeiro para, aproximadamente, $400 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$ em agosto. A partir de setembro a erosividade começa aumentar em todas as regiões, chegando em dezembro a $1.200 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$, nas regiões litorânea, oeste e norte. Porém, as regiões oeste e sudeste têm um pico nas erosividades no mês de outubro alcançando, nesta última, a $2.100 \text{ MJ mmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$. Hickmann et al. (2008) e Cassol et al. (2008), também encontraram picos extremos de erosividade no mês de outubro nas localidades de Uruguaiana, e São Borja, RS. Esse pico de erosividade ocorre devido à intensa precipitação neste período, que está associada aos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), frequentes nas estações de transição. O CCM é um sistema com espessa cobertura de nuvens frias, com forma aproximadamente circular, diâmetro na ordem de centenas de quilômetros e que duram no mínimo seis horas. O CCM torna-se mais intenso com a mudança sazonal do jato subtropical de altos níveis que no mês de outubro normalmente encontra-se próximo dessa região do Paraná, intensificado com a interação do vento de baixos níveis, úmido e quente, vindo do norte (Grimm, 2009).

Quando se analisa a erosividade média anual das chuvas (Figura 1.2), constata-se que o litoral e a região sudoeste apresentaram valores semelhantes e elevados de erosividade. Contudo, a análise da distribuição mensal da erosividade ao longo do ano (Figuras 1.3 e 1.4), mostra que estes valores extremos ocorrem em períodos diferentes, no litoral, no mês de janeiro e no sudoeste, em outubro.

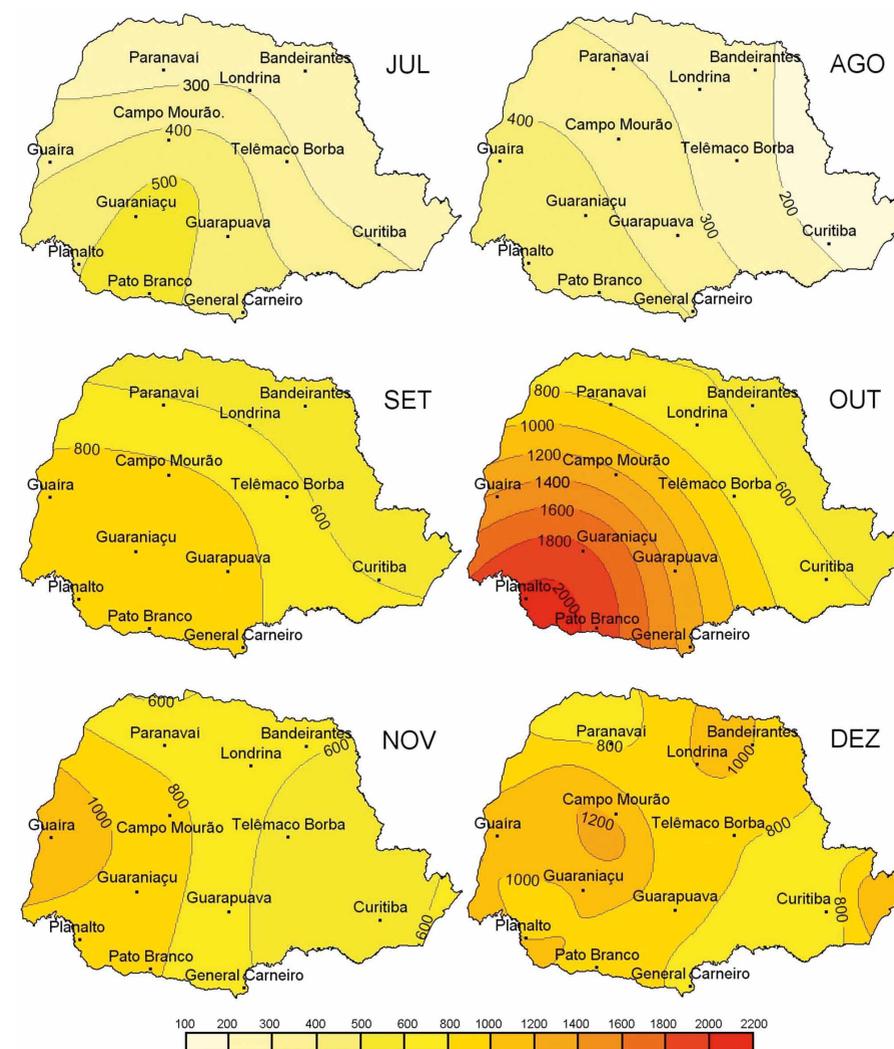


Figura 1.4 - Estimativa da erosividade média mensal das chuvas para o Estado do Paraná, para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, valores médios mensais em $\text{MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$.

Normalmente os mapas isoerodentes apresentam apenas os resultados relacionados com a média anual da erosividade. Porém, mapas com os resultados médios mensais também são importantes, principalmente para identificar os períodos em que as chuvas são mais erosivas em cada região.

1.4 CONCLUSÕES

1. Houve um aumento na erosividade média anual das chuvas no Paraná praticamente em todas as regiões do Estado, exceto no litoral. Estas mudanças podem ter ocorrido devido às mudanças climáticas e as mudanças no uso da terra.

2. As chuvas potencialmente mais erosivas ocorrem no litoral e nas regiões oeste e sudoeste, estas duas últimas são intensamente utilizadas para a agricultura, portanto o uso de técnicas adequadas de manejo e práticas conservacionistas é imprescindível para a conservação do solo e dos corpos d'água.

3. Os mapas isoerodentes mensais possibilitaram identificar que os valores mais elevados de erosividade no Estado ocorrem em períodos diferentes de acordo com a região. No litoral as chuvas mais erosivas ocorrem em janeiro e fevereiro, nas regiões oeste e sudoeste em maio e outubro. A elevada erosividade no mês de outubro é preocupante, pois coincide com o período em que o solo encontra-se mais exposto.

1.5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; AMBENJE, P.; RUPA KUMAR, K.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophysical Res.* v.111, D05109, DOI:10.1029/2005JD006290, 2006.
- CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C.A.; FRANCO, E. M.; VALCARCEL, R. & BERTOL, I. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, 9:7-14, 2005.
- CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M.; LIMA, V. S. & BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1239-1251, 2008.
- CAVIGLIONE, J.H.; FIDALSKI, J.; ARAÚJO, A. G.; CESARE BARBOSA, G. M.; LLANILLO, R. F.; SOUTO, A. R. Espaçamento entre Terraços em Plantio Direto. IAPAR, Boletim Técnico Nº 71, 64p, 2010.
- COGO, N. P. & BERTOL, I. O Papel de Práticas Mecânicas e Não-Mecânicas no Controle da Erosão Hídrica do Solo: Conceitos e Princípios. In: Nueremberg, N. J. ed. *Conceitos e Fundamentos do Sistema Plantio Direto*. Lages: NRS/SBCS. p.53-75, 1998.

COLODRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G. & PRADO, R. M. Erosividade da chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). R. Bras. Ci. Solo, 26:809-818, 2002.

GONCALVES, 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. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 10:269-276, 2006.

GRIMM, A. M. Clima na Região Sul. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. ed. Tempo e Clima no Brasil. 1ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2009 p.259-275.

GROISMAN, P. Y., R. W. KNIGHT, D. R. EASTERLING, T. R. KARL, G. C. HEGERL, V. N. RAZUVAEV. Trends in intense precipitation in the climate record, J. Climate, 18:1326-1350, 2005.

HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. R. Bras. Ci. Solo, 32:825-831, 2008.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTA. Atlas do Estado do Paraná. 1987, 73p.

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

MARENGO, J. A. & VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos de IPCC AR4. Multiciência (UNICAMP), 8:5-28, 2007.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C.; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 13:975-983, 2009.

MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, 10:315-322, 2006.

MELLO, C. R.; SÁ, M. C. A.; CURI, N.; MELLO J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. Pesq. Agropec. Bras., 42:537-545, 2007.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L. R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). R. Bras. Ci. Solo, 27:713-725, 2003.

PEÑALVA BAZZANO, M. G.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. R. Bras. Ci. Solo, 31:1205-1217, 2007.

RIBEIRO JUNIOR, P. J. & DIGGLE, P. J. GeoR: A A package for geostatistical analysis. R-News, 1:609-3631, 2001. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em 20 de out. de 2009.

ROQUE, C. G.; CARVALHO M. P.; PRADO R. M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): Distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. R. Bras. Ci. Solo, 25:147-156, 2001.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R. C. M. & MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 17:439-444, 1993.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p. 1978.

CAPÍTULO 2

A INFLUÊNCIA DOS FENÔMENOS CLIMÁTICOS EL NIÑO E LA NIÑA NA ESTIMATIVA DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O ESTADO DO PARANÁ

2.1 INTRODUÇÃO

El Niño Oscilação Sul (ENOS), é um fenômeno que ocorre no Oceano Pacífico e refere-se à combinação de dois mecanismos, um oceânico e outro atmosférico. O El Niño (EN), representa o componente oceânico do fenômeno, e a Oscilação Sul (OS), a contrapartida atmosférica. O fenômeno ENOS faz parte da variação irregular em torno das condições normais do oceano e da atmosfera na região do Pacífico Tropical (Aceituno, 1988).

Em condições de EN ocorre um aumento anômalo na temperatura da superfície do mar (TSM), na região central-leste do Pacífico Tropical, causando a ascensão de ar, e a diminuição da pressão atmosférica.

Em condições de LN, ocorre uma redução anômala na TSM na região central-leste do Pacífico Tropical, concentrando as águas quentes em uma região mais a oeste, causando alterações como a ascensão de ar e a diminuição da pressão atmosférica.

A Oscilação Sul é a variação da diferença entre a pressão atmosférica no Pacífico central-leste e o Pacífico oeste. Quando aumenta em uma região, diminui na outra. O inglês Gilbert Walker caracterizou este fenômeno como uma gangorra barométrica. Quando o resultado da diferença é negativo, o evento que está ocorrendo é um EN. Em contrapartida, se o resultado for positivo, é um LN.

Tanto EN como o LN causam anomalias climáticas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, onde o primeiro causa precipitações

abundantes na Região Sul e secas nas Regiões Norte e Nordeste; já o segundo causa impactos contrários praticamente nas mesmas regiões, ocorrendo estiagens no Sul e precipitação pluvial acima da média no Norte e Nordeste (Aceituno, 1988). Nas outras regiões do país, as alterações no clima, como chuvas, secas e variações nas temperaturas médias são moderadas, podendo, contudo, ser fortes em determinados meses do ciclo ENOS (Grimm, 2003; 2004).

Grimm & Tedeschi (2009) encontraram alterações significativas na frequência de eventos extremos de precipitação em anos de EN e LN, para várias regiões da América do Sul, inclusive na região Sul do Brasil. Além disso, a quantidade de precipitação durante eventos extremos é também significativamente alterada em determinadas regiões e, na maioria das vezes, ocorre na estação chuvosa, o que torna o impacto mais forte, pois pode chover muito acima do esperado ou muito abaixo do esperado de acordo com o fenômeno climático.

O Estado do Paraná tem seu regime hídrico alterado principalmente em eventos considerados fortes (Ropelewski & Halpert 1987; Grimm et al., 1998). Estes eventos extremos podem intensificar o processo de erosão hídrica e causar grandes prejuízos econômicos, sociais e ambientais. A causa fundamental da erosão hídrica é a ação da gota da chuva sobre o solo, combinada com a enxurrada e a resistência do solo a esta ação. Ao efeito da chuva, dá-se o nome de erosividade e à resistência do solo a este processo de erodibilidade.

Estas alterações, conseqüentemente, acabam influenciando na estimativa da erosividade das chuvas, de acordo com a região do Estado. Daí a importância de se considerar estes fenômenos na estimativa do potencial erosivo da chuva. Santos (2008) e Paula (2009), encontraram influência significativa na estimativa da erosividade das chuvas, quando separaram anos de EN, LN e neutros.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi estimar a erosividade das chuvas para o estado do Paraná em períodos de EN, LN e neutros.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A localização e a caracterização da área de estudo já foram apresentadas no capítulo 1, assim como os métodos pluviométricos, equações lineares e análise geoestatística utilizadas para estimar a erosividade das chuvas.

Com o objetivo de selecionar um número maior de eventos de EN e LN, o período considerado foi de 01/01/1979 a 31/01/2008. Foram utilizadas séries históricas de dados pluviométricos das mesmas 114 estações definidas no capítulo 1, porém estendendo o período de 1979 a 2008.

Para avaliar a influência dos eventos climáticos EN e LN, o período de estudo foi dividido em: Geral (estimativa da erosividade média mensal das chuvas considerando todo o período de estudo), Neutro (estimativa da erosividade média mensal das chuvas para o período de estudo, excluídos os meses que coincidiam com eventos de EN e LN), El Niño (estimativa da erosividade média mensal das chuvas apenas para os meses que coincidiam com eventos de EN) e La Niña (estimativa da erosividade média mensal das chuvas apenas para os meses que coincidiam com os eventos de LN).

Os períodos de EN e LN foram estabelecidos utilizando-se os critérios que definem o Índice Oceânico do Niño (ION), de acordo com NOAA (2009), para a região do Niño 3.4. Segundo estes critérios, quando a média móvel da TSM por três meses for 0,5°C maior que a média por um período mínimo de cinco meses, está caracterizado um EN. Quando a média móvel da TSM por três meses for 0,5°C menor que a média por um período mínimo de cinco meses, está caracterizado um LN.

Foram gerados mapas isoerodentes para o mês que apresentou a maior alteração positiva na erosividade em períodos de EN e para a maior alteração negativa em períodos de LN. Além destes mapas com a erosividade média mensal, também foram gerados mapas com

as anomalias das erosividades das chuvas para este mês, em termos percentuais acima ou abaixo do valor médio estimado para o período de 1979 a 2008.

Todas as análises descritivas, geoestatísticas e produção de mapas do presente estudo, foram realizadas utilizando o programa estatístico R (Development Core Team, 2010) e o pacote geoR (Ribeiro Junior & Diggle, 2001).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos tipo *box* das Figuras 2.1 e 2.2, é possível observar a evolução mensal da erosividade média das chuvas ao longo do ano comparando os diferentes períodos com os percentis de localidades afetadas e a respectiva erosividade média. As extremidades inferiores e superiores das caixas representam o 1º quartil (25%) e o 3º quartil (75%), respectivamente.

A linha cheia horizontal no interior da caixa representa a mediana (50%). As barras nas extremidades representam o menor e o maior valor dentro do limite para não serem considerados pontos externos, ou seja, que estiverem no intervalo entre $Q3 + 1,5L$ e $Q1 - 1,5L$. Onde $Q3$ é o 3º quartil, $Q1$ o 1º quartil e L a diferença entre $Q3$ e $Q1$. Os pontos abaixo ou acima das barras são pontos externos (*outliers*), também chamados de atípicos.

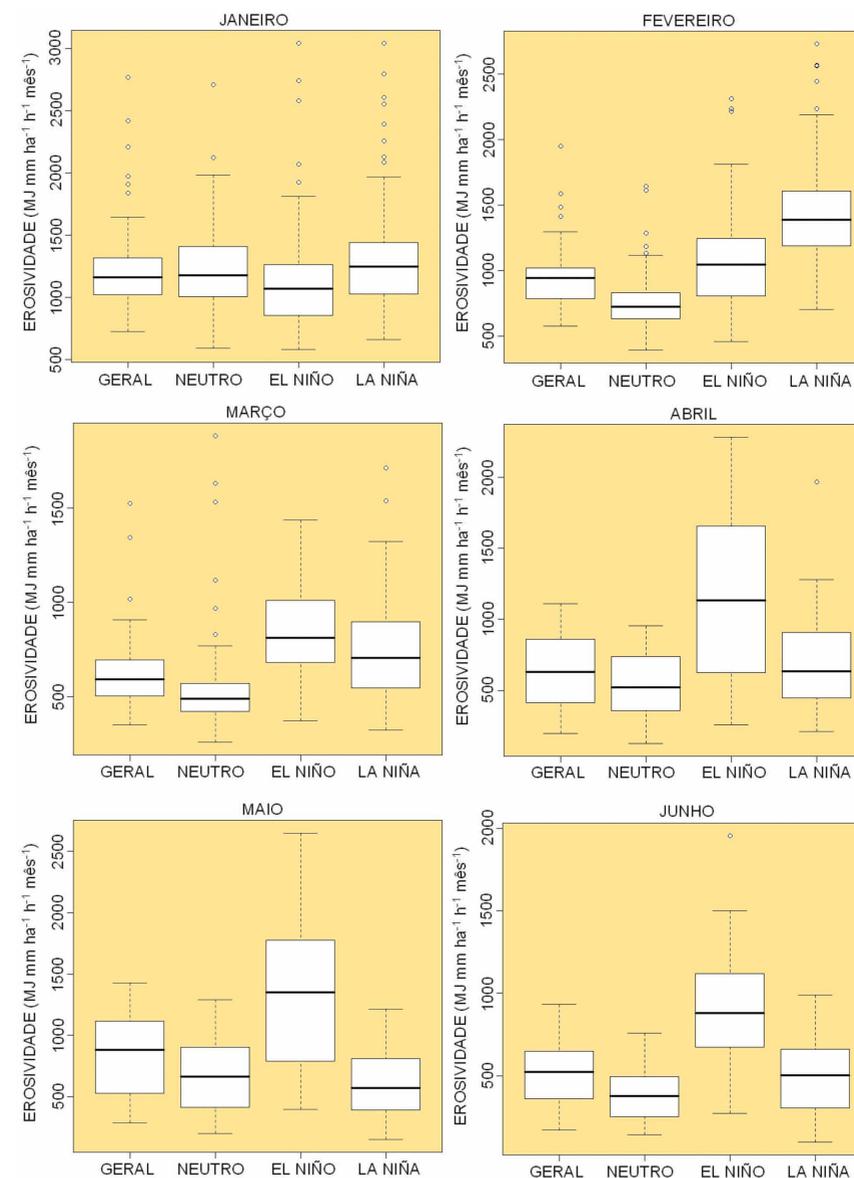


Figura 2.1 - Gráficos tipo *box* com os percentis de localidades e a respectiva erosividade para os períodos: Geral, Neutro, El Niño e La Niña, para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho.

O gráfico do mês de janeiro (Figura 2.1), indica que neste mês não se tem impacto muito significativo de ENOS na erosividade das chuvas no Paraná, pois os valores não variam significativamente entre os diferentes períodos. No mês de fevereiro tem-se um comportamento diferente entre os períodos, com destaque para o período Neutro, que ficou significativamente abaixo dos outros períodos, ficando 50% das localidades com erosividade média mensal entre 600 e 800 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, indicando que a erosividade não varia muito para a maioria das localidades neste mês em anos neutros. Já o LN apresentou um resultado inesperado, ficando a maioria das localidades com erosividade média maior que em períodos de EN. Segundo Grimm (2004), chuvas acima da média no mês de fevereiro na região sul em anos de LN, podem ocorrer devido ao resfriamento anômalo da superfície na região sudeste. Para os meses de abril, maio e junho os períodos de EN se destacam principalmente quando comparados com os períodos Neutros. Nestes períodos os valores médios da erosividade foram significativamente maiores demonstrando mais uma vez a influência do EN na erosividade das chuvas no Estado. Fontana & Berlatto (1997) e Paula (2009), também encontraram chuvas mais intensas nos meses de abril, maio e junho em períodos de EN, anomalia chamada pelos autores de "repique" do EN.

No mês de julho, destaca-se a baixa erosividade média mensal em períodos de LN. Neste mês é normal a baixa erosividade, como pode ser percebido nos gráficos dos períodos Geral, Neutro e EN. Mas os resultados apresentados mostram que em períodos de LN esta erosividade é ainda menor. Neste caso o problema não está relacionado com a erosividade, mas com os totais precipitados. Precipitação abaixo da média pode trazer prejuízos para as culturas de inverno em períodos de LN.

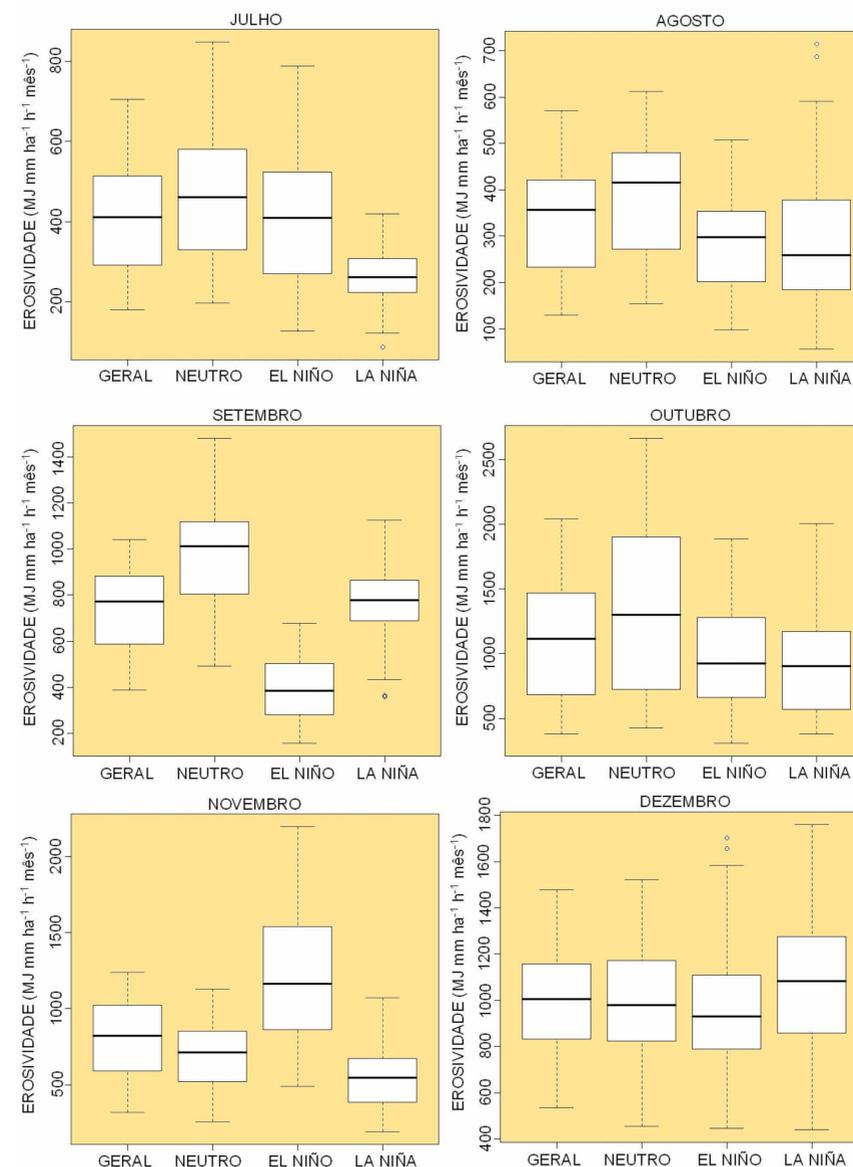


Figura 2.2 - Gráficos tipo box com os percentis de localidades e a respectiva erosividade para os períodos: Geral, Neutro, El Niño e La Niña, para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Na avaliação dos meses de agosto, setembro e outubro, os eventos EN e LN não causaram grandes alterações na erosividade das chuvas nas localidades estudadas. Por outro lado, o mês de novembro é o que apresenta as maiores alterações quando se compara os períodos de EN e LN com o período Neutro. Neste mês, em períodos de EN, cerca de 75% das localidades apresentam erosividade média mensal acima de 850 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹, valor elevado para um período de apenas trinta dias, enquanto que em períodos Neutros, aproximadamente 100% das localidades apresentaram erosividade média mensal abaixo de 850 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹. Estes resultados elevados de erosividade no mês de novembro no estado do Paraná são coerentes com os encontrados por Grimm (2003), para a precipitação em anos de EN. Em relação ao LN os resultados também são significativos, porém relacionados com a redução na erosividade indicando precipitação abaixo da média para o mês. Grimm (2004), também encontrou a redução mais significativa nas precipitações em anos de LN no mês de novembro. Estes resultados, além de indicar uma forte influência dos eventos climáticos EN e LN, na maioria das localidades do estado, também devem ser considerados nos projetos de manejo e de práticas conservacionistas, principalmente por coincidir com o período de plantio e germinação da safra de verão.

O mês de dezembro apresenta resultados semelhantes aos encontrados no mês de janeiro, sem variações significativas na erosividade média mensal nos diferentes períodos. Nos mapas da Figura 2.3 é possível identificar as regiões do Estado que são mais afetadas pelos eventos de EN e LN durante o mês de novembro. Os mapas para o período Geral (a) e para o período Neutro (b) apresentam grande semelhança na distribuição das isolinhas. Contudo, no mapa do período Geral elas indicam uma erosividade média mensal cerca de 200 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ maior do que aquela dos períodos Neutros. Esta diferença se deve pelo fato de que na estimativa do período Neutro, os períodos de EN e LN foram retirados. Embora o primeiro aumente a erosividade

das chuvas e o segundo diminua, isto não foi suficiente para que um anule o outro na média histórica, já que o número de eventos de EN para o período estudado foi maior que os de LN. Conseqüentemente, os eventos de EN causaram maiores alterações na erosividade das chuvas do que os eventos de LN no Estado do Paraná.

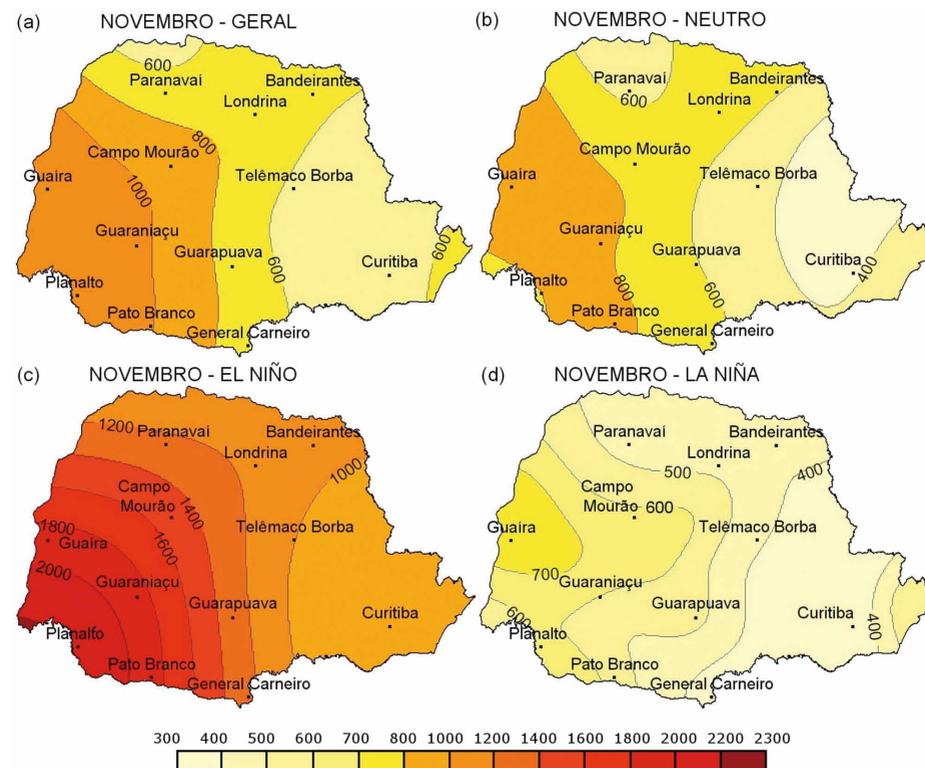


Figura 2.3 - Mapas isoerodentes para o mês de novembro em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ para os períodos: Geral, Neutro, El Niño e La Niña, estimados com dados de 1979 a 2008.

A Figura 2.2 apresenta também os mapas isoerodentes para os períodos de EN (c) e de LN (d). Percebe-se que nos anos de EN, o mês de novembro apresenta chuvas mais erosivas, principalmente nas regiões oeste e sudoeste do Estado. Nessas regiões do Estado do Paraná, as chuvas já são naturalmente mais erosivas; o que acontece em períodos de EN é um aumento anômalo na erosividade. O mapa do mês de novembro de LN (d) mostra a redução da erosividade no Estado durante estes eventos, não sendo um problema com relação à erosão hídrica, mas indica também uma redução na pluviometria que pode causar prejuízos para a safra de verão.

Os mapas da figura 2.3, gerados com os dados percentuais de anomalias, ajudam na identificação das áreas em que ocorrem as maiores alterações como aumento de erosividade em períodos de EN (a) e diminuição da erosividade em períodos de LN (b), em comparação com a erosividade média, neste estudo identificada como a erosividade do período Geral. Os mapas das anomalias estão em termos de porcentagem (%) acima (a) e abaixo (b) da erosividade média Geral. Isto significa que as regiões oeste e sudoeste além de estarem sujeitas às chuvas mais erosivas que ocorrem no estado em períodos de EN, também sofrem com as maiores anomalias, que nestas regiões chegam a ser duas vezes mais erosivas que em períodos normais.

Percebe-se que as maiores anomalias em períodos de LN (figura 2.4a), ocorrem em pequenas áreas nas regiões norte e sudeste, porém mais uma vez em uma extensa área da região sudeste, onde a erosividade chega ser 50% menor que em períodos normais.

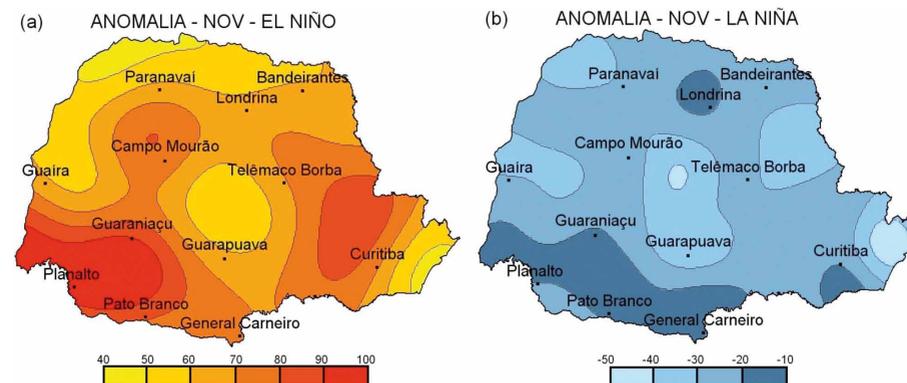


Figura 2.4 - Anomalias (%) média mensal durante eventos de El Niño e La Niña para o mês de novembro estimados com dados de 1979 a 2008.

2.4 CONCLUSÕES

1. A erosividade das chuvas no estado do Paraná sofreu alteração significativa em todas as regiões em períodos de EN e LN, demonstrando a influência destes eventos na estimativa do potencial erosivo das chuvas no estado.

2. Em períodos de EM, a erosividade das chuvas chega ser de 40 a 100% maior do que em períodos “normais”, dependendo da região. Já em períodos de LN ocorre uma redução de 10 a 50% na erosividade das chuvas.

3. Os meses de abril, maio, junho e novembro, são os mais afetados pelo aumento na erosividade das chuvas em períodos de EN. Em períodos de LN, os meses de julho, outubro e novembro são os mais afetados pela redução na erosividade das chuvas.

4. O mês de novembro é o mais crítico, tanto em períodos de EN como em períodos de LN. O primeiro, pela elevada erosividade das chuvas que coincidem com o período de plantio da safra de verão, momento em

que o solo está mais exposto devido ao avançado grau de decomposição dos resíduos das culturas de inverno. O segundo, pela baixa erosividade causada pela redução nas chuvas justamente no período de plantio e germinação.

5. As regiões oeste e sudoeste são as mais afetadas pelo aumento na erosividade das chuvas em períodos de EN, assim como pela redução em períodos de LN.

2.5 REFERÊNCIAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, 116:505-524, 1988.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação do Estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Agrometeorologia*, 5:127-132, 1997.

GRIMM, A. M. & TEDESCHI, R. G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. *J. Climate*, 22:1589-1609, 2009.

GRIMM, A. M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? *Climate Dyn.*, 22:123-138, 2004.

GRIMM, A.M. The El Niño impact on summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. *J. Climate*, 16:263-280, 2003.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, v.11, p. 2863-2880, 1998.

NOAA. ENSO: Cold and warm episodes by season. Disponível em: <<http://www.cpc.noaa.gov/products>>. Acesso em 12 Jul. 2009.

PAULA, G. M. O Fenômeno El Niño Oscilação Sul e a Erosividade das Chuvas em Santa Maria-RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2009. 53p. (Dissertação de mestrado)

- RIBEIRO JUNIOR, P. J. & DIGGLE, P. J. GeoR: A A package for geostatistical analysis. R-News, 1:609-3631, 2001. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em 20 Out. 2009.
- ROPELEWSKI, C.F. & HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 115:1606- 626, 1987.
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R. C. M. & MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 17:439-444, 1993.
- SANTOS C. N. El Niño e La Niña e a Erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Pelotas, 138p. 2008. (Tese de doutorado)

REALIZAÇÃO



**Sociedade Brasileira de
Ciência do Solo**

Núcleo Estadual do Paraná



UFPR



UFPR



LATOSSOLO



Solo Símbolo do Paraná