

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
UNIDADE ACADÊMICA HUMANIDADES, CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

MORGANA LEVATI VALVASSORI

POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS EM URUSSANGA, SC

**CRICIÚMA
2013**

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
UNIDADE ACADÊMICA HUMANIDADES, CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

MORGANA LEVATI VALVASSORI

POTENCIAL EROSIVO DAS CHUVAS EM URUSSANGA, SC

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Álvaro José Back

**CRICIÚMA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

V215p Valvassori, Morgana Levati.

Potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC /
Morgana Levati Valvassori; orientador: Álvaro José
Back. – Criciúma, SC, Ed. do Autor, 2013.

83 p : il. ; 21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo
Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Criciúma, SC, 2013.

1. Solos – Erosão. 2. Solos – Conservação. 3. Chuvas
erosivas. I. Título.

CDD. 22^a ed. 631.45

Bibliotecária Rosângela Westrupp – CRB 14º/364
Biblioteca Central Prof. Eurico Back - UNESC



Universidade do Extremo Sul Catarinense
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão
Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Mestrado) reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO apresentada pela candidata **MORGANA LEVATI VALVASSORI** sob o título: “**Potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC**”, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Criciúma, SC, 19 de agosto de 2013.

Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes
Primeiro Examinador

Prof. Dr. Márcio Sônego
Segundo Examinador

Prof. Dr. Álvaro José Back
Presidente da Banca e Orientador

Ao autor da vida e fonte de toda a
sabedoria, meu amado Jesus Cristo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família pelo apoio e incentivo, especialmente à minha mãe Maria de Lurdes, meu irmão Diego e minha avó Olívia.

Ao meu marido Filipe pelo companheirismo, amizade, paciência e trocas de ideias que me fazem melhor a cada dia.

À UNESC pelas oportunidades de crescimento humano e profissional.

À todos os amigos e colegas de trabalho do IPAT pelo incentivo e apoio técnico.

Aos meus colegas e professores do Mestrado pela rica convivência. Muito aprendi em cada aula e conversa.

À EPAGRI pela disponibilização dos dados da pesquisa.

Aos professores Dr. Carlyle T. B. de Menezes e Dr. Márcio Sônego pelas contribuições à este trabalho.

Agradeço especialmente ao professor orientador Dr. Álvaro José Back por compartilhar seu conhecimento.

“A sabedoria é a coisa mais importante; adquiere, pois, a sabedoria; sim, com tudo o que possuis, adquiere o conhecimento”.
Provérbios 4:7.

RESUMO

O conhecimento do potencial erosivo das chuvas e sua distribuição ao longo do ano contribuem para o planejamento de práticas de manejo e conservação do solo que visem a redução da erosão hídrica, reduzindo perdas de solo e aumentando a produtividade agrícola. Este trabalho tem como objetivo caracterizar as chuvas da região de Urussanga, SC com relação ao seu potencial erosivo, determinando os Índices de Erosividade mensais e anuais (EI_{30}), estabelecendo assim o fator “R” para utilização na Equação de Perdas de Solo, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas erosivas, a partir dos dados de chuva de diagramas diários do pluviógrafo da Estação Meteorológica de Urussanga, no período de 10/1980 a 03/2012. As chuvas foram digitalizadas em segmentos com intensidade constante. Foi elaborado programa de computador para a leitura dos dados digitalizados, identificação das chuvas erosivas, realização dos cálculos de erosividade e classificação do padrão hidrológico das chuvas. A precipitação média anual foi de 1.781,8 mm, dos quais 1.502,6 mm foram de chuvas erosivas e 279,1 mm de chuvas não erosivas. Ocorrem em média 184,9 chuvas por ano, sendo 77,7% não erosivas e 22,3% erosivas. O valor médio anual do índice EI_{30} é 5.665,10 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, classificando as chuvas com erosividade média a forte. A época do ano com maior erosividade é de dezembro a março. Do total de chuvas erosivas, 53,31% são de perfil avançado, 34,07% com perfil intermediário e 12,61% com perfil atrasado. A duração média das chuvas erosivas é de 14,4 horas. A média total de intensidade média para as chuvas erosivas é de 17,4 mm.h⁻¹. A maior concentração de chuvas (32,9%) foi observada no intervalo de duração de 6 a 12 horas. Para duração inferior a 18 horas ocorre maior frequência de chuvas do padrão avançado, e para durações acima de 18 horas, as frequências de chuvas do padrão avançado e intermediário são semelhantes. O fator “R” da USLE, para regiões do entorno com características semelhantes de Urussanga, pode ser estimado com dados de pluviometria utilizando-se a equação linear ajustada.

Palavras-chave: Erosividade. Solos. Chuvas erosivas. Perdas de solos.

ABSTRACT

The knowledge of the erosive potential of rainfall and its distribution throughout the year contribute to the planning of management practices and soil conservation that aims the reduction of hydric erosion, decreasing/reducing soil loss and increasing agricultural productivity. The goal of this study/work is to characterize the rainfalls in the region of Urussanga, SC, in relation with its erosive potential; determining Erosivity Indices monthly and annual (EI_{30}), thus establishing the R factor to use in the Soil Loss Equation, hydrologic patterns, return period and probability of occurrence of erosive rainfalls, from the rainfall data of daily pluviographs diagrams of the Metereological Station of Urussanga, in the period between 10/1980 and 03/2012. The rainfalls were scanned in segments with constant intensity. In addition, it was developed a computer program to read the scanned data, to identify the erosive rainfalls, to calculate the erosivity and classify the hydrologic patterns of rainfalls. The average annual rainfall was at about 1.781,8 mm, which, 1.502,6 mm were erosive rainfalls and 279,1 mm non-erosive rainfall. On average, occur 184, 9 rainfall per year, which 77.7% are non-erosive and 22.3% are erosive. The annual average EI_{30} index is 5.665,10 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, thus classifying the rainfalls amid medium and strong erosivity/therefore the rainfalls were classified amid medium and strong erosivity. The period of the year with the highest erosivity is from December to March. Out of all the erosive rainfalls, 53.31% are of advanced profile, 34.07% are with intermediary profile and 12.61% are with late/delayed profile. The average duration of erosive rainfall is 14.4 hours. The total medium of average intensity for erosive rainfall is 17.4 mm h⁻¹. The higher concentration of erosive rainfall (32.9%) was observed in the lasting interval of 6 to 12 hours. For duration with less than 18 hours, rainfalls with advanced patterns occur more frequently, and for duration above 18 hours, the frequency of advanced patterns and intermediary patterns of rainfall are similar. The R factor of USLE, for surrounding areas with similar characteristics of Urussanga, can be estimated with rainfall data using the set linear equation.

Keywords: Erosivity. Soil. Erosive Rainfall. Soil loss.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização geográfica do município de Urussanga, SC..... | 42 |
| Figura 2 - Distribuição acumulada (%) da chuva e do Índice de erosividade (EI_{30}) em Urussanga, SC. | 55 |
| Figura 3 - Estimativa da intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) para Urussanga, SC. | 57 |
| Figura 4 - Estimativa da chuva erosiva máxima anual (EI_{30}) para Urussanga, SC. | 60 |
| Figura 5 - Índice de erosividade (EI_{30}) estimado para Urussanga, SC. | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Perdas de solo por erosão decorrente de diferentes coberturas vegetais. | 28 |
| Tabela 2 – Equações propostas por diferentes autores para estimar a erosividade da chuva mensal (R_x) a partir das precipitações médias mensais (M_x) e da precipitação anual (P). | 39 |
| Tabela 3 – Classes para interpretação dos índices de erosividade..... | 40 |
| Tabela 4 - Valores de médias mensais de altura de chuva não erosiva, chuva erosiva e chuva total de Urussanga, SC. | 48 |
| Tabela 5 - Valores de médias mensais do número de chuvas não erosiva, chuva erosiva e chuva total de Urussanga, SC. | 49 |
| Tabela 6 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade EI_{30} ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$) em Urussanga, SC, com as respectivas estatísticas... .. | 52 |
| Tabela 7 - Intensidade máxima em trinta minutos (I_{30}) observada em Urussanga, SC. | 56 |
| Tabela 8 - Chuva erosiva máxima anual observada em Urussanga, SC. | 58 |
| Tabela 9 - Índice de erosividade anual com respectivas frequências e períodos de retorno observada em Urussanga, SC. | 61 |
| Tabela 10 - Número de chuvas erosivas..... | 67 |
| Tabela 11 - Altura pluviométrica média (mm) das chuvas erosivas. | 68 |
| Tabela 12 - Duração média (horas) das chuvas erosivas de Urussanga, SC. | 69 |
| Tabela 13 - Energia cinética média ($MJ.ha^{-1}$) das chuvas erosivas de Urussanga, SC. | 70 |
| Tabela 14 - Intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) média ($mm.h^{-1}$) da chuva erosiva. | 71 |
| Tabela 15 - Erosividade das chuvas (EI_{30}) média da chuva erosiva ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$)..... | 72 |
| Tabela 16 - Frequência de chuvas erosivas de acordo com a duração e o padrão de chuvas. | 74 |
| Tabela 17 - Erosividade média ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$) de chuvas erosivas de acordo com a duração e o padrão de chuvas..... | 74 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 23 |
| 2 OBJETIVOS | 25 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 25 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 25 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 26 |
| 3.1 Solos e Erosão | 26 |
| 3.2 Chuva e Erosão Hídrica..... | 30 |
| 3.3 Determinação de Perda de Solo..... | 33 |
| 3.4 Erosividade de Chuvas | 36 |
| 3.5 Padrões Hidrológicos e Período de Retorno..... | 40 |
| 4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 42 |
| 4.1 Localização | 42 |
| 4.2 Caracterização Climática..... | 43 |
| 5 METODOLOGIA | 45 |
| 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS | 48 |
| 7 CONCLUSÃO | 75 |
| REFERÊNCIAS | 76 |

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos e energia apresenta como um dos efeitos a ampliação e intensificação do uso do solo, que associada a práticas inadequadas de manejo e conservação inviabilizam inúmeros sistemas de produção.

Conforme Lepsch (2002) a sociedade tem mostrado preocupação com a deteriorização do ar, da água e do solo. Na 1ª Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio-92, o problema relacionado à crescente necessidade de proteção ambiental e a falta de solos férteis foram amplamente discutidos. Surge a partir deste marco, o conceito de Desenvolvimento Agrícola Sustentado que pode ser entendido como o gerenciamento e a conservação dos recursos naturais assegurando a realização e satisfação contínua das necessidades humanas para gerações presentes e futuras.

Neste contexto, a erosão do solo é considerada um dos maiores problemas ambientais da atualidade, ocorrendo em escala global e ocasionando prejuízos nas esferas socioeconômica e ambiental.

De acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA (2011) estima-se que o prejuízo para o Brasil causado pela perda de nutrientes carreados pela erosão seja de aproximadamente 7,9 bilhões de reais por ano. Se considerado também o efeito da erosão na depreciação da terra e outros custos necessários para conservação de estradas e tratamento de água, por exemplo, este prejuízo aumentaria para 13,3 bilhões de reais por ano.

Estimativas apresentadas através do projeto GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation) desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, apontam para uma perda mundial anual de solos agrícolas por erosão na ordem de 6 a 7 milhões de hectares (GUERRA, 2005). No Brasil há estimativas de perda anual de solo em cerca de 500 milhões de toneladas (GUERRA, 2005 apud ARROIO JUNIOR; KUWAJIMA; MAUAD, 2012).

Um processo erosivo de grande magnitude pode se transformar, conforme Netto (1998) em um fenômeno de risco ambiental, tornando-se um problema à preservação ambiental e à manutenção da qualidade de vida humana e constituir-se num entrave ao processo de desenvolvimento sustentável em espaços urbanos e rurais.

Leff (2000) afirma que a exploração de recursos vem ocasionando danos aos ecossistemas naturais. A produtividade ecológica dos solos tropicais vem sendo comprometida pela diminuição da

diversidade biótica dos ecossistemas devido principalmente à uniformização dos cultivos e de suas variedades genéticas.

As espécies cultivadas e as práticas de manejo adotadas, dependendo do tipo de solo, podem expor a superfície à força erosiva das gotas de chuva. A erosão hídrica é provocada pelo impacto da chuva no solo e pelo escoamento superficial. Sendo assim, o conhecimento do potencial erosivo das chuvas e sua distribuição ao longo do ano contribuem para o planejamento de práticas de manejo e conservação do solo que visem à redução da erosão hídrica, diminuindo perdas de solo e aumentando a produtividade agrícola.

A Equação de Perdas de Solo é amplamente utilizada por pesquisadores no Brasil. Pode ser aplicada para prever a perda de solo em áreas utilizadas para agricultura, em áreas de recuperação e proteção ambiental, conforme citam Magalhães Filho et al. (2012) e para bacias hidrográficas, como proposto por Arroio Junior et al. (2012). O Índice de Erosividade é um dos fatores que compõe a equação.

Este trabalho objetiva caracterizar a ocorrência e frequência das chuvas erosivas de Urussanga, SC e determinar o Fator de Erosividade da Equação Universal de Perdas de Solo como instrumento de planejamento do uso e manejo do solo da região. Trabalhos semelhantes foram desenvolvidos em vários estados brasileiros. Porém, em Santa Catarina, apesar de haverem vários pluviógrafos com séries históricas de mais de 20 anos, poucos são os trabalhos publicados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar as chuvas da região de Urussanga, SC com relação ao seu potencial erosivo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os Índices de Erosividade - EI_{30} mensais e anuais;
- Determinar a energia cinética para as chuvas individuais;
- Estimar o valor do Fator “R” para utilização na Equação Universal de Perdas de Solo (USLE);
- Avaliar a distribuição anual e mensal do índice de erosividade local;
- Determinar a probabilidade de ocorrência e o período de retorno dos índices mensais e anuais de erosividade;
- Determinar os padrões hidrológicos das chuvas erosivas em Urussanga.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Solos e Erosão

Na definição de Silva et al. (2007) solo é um corpo tridimensional formado por processos físicos, químicos e biológicos, cujo material de origem é a rocha matriz subjacente e os principais agentes de formação são o clima, fatores topográficos e a comunidade biótica. Existem vários tipos de solos, que se diferem de acordo com as complexas interações de vários fatores que determinam sua formação e evolução. Os processos de formação do solo são lentos, sendo necessário de duzentos a mil anos para formar 2,5 cm sob condições agrícolas normais (KENDALL, PIMENTEL, 1994 apud ARAUJO et al., 2005).

A matéria mineral que constitui o solo apresenta tamanho variado entre pedregulhos e argila, com partículas muito finas de diâmetro inferior a 0,002mm. Os componentes de maior granulometria servem basicamente como suporte da estrutura total do solo, enquanto as partículas de natureza coloidal são utilizadas como depósitos de nutrientes, determinando a quantidade de água que o solo poderá reter. A parte orgânica é formada por organismos vivos e mortos, tais como raízes, fungos e bactérias e a parte líquida, formada pela água, mantém sais minerais, gás carbônico e oxigênio dissolvidos e disponíveis às plantas (SEIXAS, 1984).

A mais conhecida forma de degradação do solo é a erosão (ARAUJO et al., 2005). A erosão pode ser definida como o arrastamento da superfície do solo pela água corrente, vento ou outros agentes geológicos. Origina-se no rompimento do equilíbrio natural do solo através da ação oriunda de fatores climáticos como o vento e a chuva, que aliada a outros fatores como declividade do terreno e capacidade de infiltração da água determina a intensidade do processo erosivo (SILVA et al., 2007; PRUSKI, 2009).

O fenômeno da erosão é bastante estudado na agricultura devido à importância para a conservação dos solos. O estudo também é importante em obras de engenharia, como estabilização de taludes, construção de estradas, regularização de corpos d'água, proteção de obras civis e de margens de rio (CARVALHO, 2008).

De acordo com Schultz (1983) o solo agrícola ideal é composto por 25% de ar, 5% de matéria orgânica, 25% de água e 45% de minerais. Na agricultura a camada fértil do solo apresenta espessura de

20 a 40 cm, denominada “horizonte “A” que está exposta aos processos erosivos (CARVALHO, 2008). Aproximadamente 2/3 da erosão ocorre pela ação da água que lava a camada superficial do solo e 1/3 é causada pela erosão eólica. Dependendo da região, a perda da camada superficial é dezesseis a trezentas vezes mais rápida da que pode ser substituída (WRI et al., 1992, BARROW, 1991 apud ARAUJO et al., 2005).

A erosão do solo agrícola é causada pelo vento e pela água, a qual arrasta partículas contendo matéria orgânica e elementos químicos. Este processo ocorre pela ação da água da chuva com maior intensidade em regiões declivosas e em terrenos desprotegidos, carreando estas partículas para rios, riachos e lagos, o que gera poluição ao ambiente (SCHULTZ, 1983).

Braga et al. (2002, p. 136) distinguem dois tipos de erosão: a geológica que ocorre por ação dos agentes naturais e a acelerada, que ocorre como consequência da ação do homem. Conforme os autores “as partículas do solo são carregadas pela água à proporção da pluviosidade e da declividade do terreno e à proporção do tempo de replantio ou rebrota assim como a rarefação do cultivo de substituição implantado”.

A erosão hídrica é considerada muito importante, pois ocorre em todos os tipos de solos. É controlada pelo clima, tipo de solo, cobertura vegetal, topografia, uso e manejo do solo. Os parâmetros climáticos mais importantes relacionados à erosão pluvial são a duração e a intensidade da precipitação (SCHULTZ, 1983; ARAUJO et al., 2005).

De acordo com Seixas (1984), os fatores que causam erosão não produzem os mesmos efeitos em todos os tipos de solos. De acordo com sua estrutura, os solos apresentam maior ou menor resistência à ação das águas. Um solo arenoso, por exemplo, possui capacidade de absorver toda água de uma chuva leve, porém sofre facilmente erosão quando ocorre uma chuva mais intensa. Já um solo argiloso apresenta maior resistência à ação desintegradora das águas de escoamento, tendo maior capacidade de retenção das águas que nele infiltram.

A suscetibilidade à erosão “compreende processos que levam ao desgaste superficial dos solos quando submetidos a qualquer uso sem as medidas conservacionistas necessárias” (VIEIRA; SANTOS; VIEIRA; 1988, p. 100).

Sobre os efeitos da erosão, Amaral (1986) relata que quando há um arrastamento de 5 cm de solo, provoca-se uma queda de produção agrícola em torno de 10 a 20%. Cassol (1986) apresenta o estudo realizado pela UFRGS em 1979 no Rio Grande do Sul, apontando que a época de preparo do solo e semeadura da cultura de soja é o mês de novembro, período em que podem ocorrer chuvas intensas. Em 1978

quando as lavouras estavam preparadas ou já semeadas ocorreu quinze dias de chuvas continuadas em novembro, com intensidade superiores ao normal, o que gerou perda no Planalto Rio-Grandense de aproximadamente 97 t ha^{-1} e na época um prejuízo de mais de 33 milhões de dólares.

Sobre o estudo das perdas de solos, F. Fournier (1984 apud Carvalho, 2008) quantificou os seguintes valores nos continentes:

- América do Sul e Antilhas = $701 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$,
- América do Norte e Central = $491 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$,
- Ásia = $610 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$,
- Europa = $84 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$,
- África = $715 \text{ t km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$.

De acordo com o estudo, as perdas anuais de solo no mundo em 1984 foram da ordem de 77 milhões de toneladas. Todo este sedimento seguiu para o fundo dos rios, lagos e mares (CARVALHO, 2008).

A Tabela 1 apresenta estimativas de perdas de solo conforme o tipo de vegetação ou cultivo praticado.

Tabela 1 - Perdas de solo por erosão decorrente de diferentes coberturas vegetais.

| Tipo de vegetação ou cultivo | Perdas de solo (t/ha ano) |
|------------------------------|---------------------------|
| Mata | 0,004 |
| Café | 0,9 a 1,1 |
| Pastagem | 0,4 a 0,7 |
| Mandioca | 33,9 |
| Arroz | 25,1 |
| Batata | 18,4 |
| Milho | 12 |
| Soja | 20,1 |
| Cana | 12,4 |
| Feijão | 38,1 |

Fonte: Bertoni (1985 apud Braga et al., 2002).

O cultivo intensivo e sucessivo de monoculturas esgotam nutricionalmente o solo, acarretando em destruição de agregados e

aumento da suscetibilidade do solo à erosão. Sendo assim, é de extrema importância para o sucesso da conservação do solo a longo prazo a adoção de práticas de manejo na fase de preparo para uma nova cultura (SILVA et al., 2007).

Conforme cita Carvalho (2008, p. 5) “A erosão é tanto mais intensa quanto menor for a proteção do solo. Estando a partícula solta, é deslocada de sua posição, podendo ser transportada pelas enxurradas para os cursos d’água”. O sedimento em suspensão prejudica a qualidade da água para consumo humano e industrial.

A erosão pode causar graves danos às terras agrícolas pela perda de fertilidade, constituindo-se no início de todos os problemas decorrentes do sedimento no ambiente. Dentre os principais problemas causados pela erosão destacam-se: destruição de nascentes, aumento do risco de desertificação, remoção da camada fértil e empobrecimento do solo (CARVALHO, 2008).

Benincasa (1995) ressalta que no Brasil raramente considera-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento para uso dos recursos. Visando a exploração agropecuária, geralmente conhecimentos sobre solos, uso de máquinas, exploração de culturas, práticas de irrigação entre outros se limitam à parcela do terreno utilizada para o empreendimento.

A ocorrência de assoreamento em bacias hidrográficas encontra-se intimamente relacionada aos processos erosivos, uma vez que este processo fornece os materiais que dão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado, ocasionando o acúmulo permanente de sedimentos no leito dos cursos d’água (GUERRA, 1995 apud ARROIO JUNIOR; KUWAJIMA; MAUAD, 2012).

O Estudo de Impacto Ambiental para o desassoreamento do rio Urussanga, desenvolvido por IPAT/UNESC (2012) evidencia a ocorrência de processos erosivos na bacia do rio Urussanga, citando que o principal agente atuante é a água proveniente das chuvas, que somada às ações antrópicas e ausência de práticas conservacionistas do solo, permite a geração e o transporte de sedimentos para cursos d’água, resultando no assoreamento de rios da bacia.

No estudo também foram identificados 100 focos de erosão e geração de sedimentos nas áreas de várzea do rio Urussanga. Somente no trecho intitulado Alto Curso que abrange a várzea e as margens do trecho que inicia na confluência do rio Urussanga com o rio Caeté e termina na ponte que liga o bairro Estação Cocal ao município de Treze de Maio foram registrados 34 focos desencadeadores de processos

erosivos, indicando, conforme o estudo, que os diversos usos do solo e atividades exercidas em áreas próximas ao rio Urussanga carecem de práticas conservacionistas que visem a prevenção da erosão e do assoreamento (IPAT/UNESC, 2012).

Conforme afirma Lepsch (2002, p. 152) o objetivo da conservação dos solos agrícolas é “fomentar sua adequada utilização, quando a vegetação natural é substituída por lavouras, pastagens ou reflorestamentos”. Esta conservação relaciona-se diretamente com a produção de alimentos e como consequência exerce influência na economia e estabilidade social do país.

O conhecimento das relações entre os fatores que causam as perdas de solo e os que permitem reduzi-las são de fundamental importância para planejar ações conservacionistas adequadas e econômicas e elaborar projetos de controle de erosão. O planejamento conservacionista contempla estudos que priorizam a utilização racional e a preservação dos recursos naturais, principalmente água e solo, para fins agrícolas (OLIVEIRA, 1999; BOTELHO, 1999; EVANGELISTA et al., 2006).

Salomão (1999) afirma que para adotar medidas de controle preventivo e corretivo da erosão é imprescindível entender os processos da dinâmica de funcionamento hídrico sobre o solo.

3.2 Chuva e erosão hídrica

O clima de Santa Catarina é classificado como mesotérmico úmido, caracterizado pelo excesso hídrico. O elemento climático que apresenta maior variação é a chuva, sendo que a ocorrência de chuvas intensas ocasiona problemas em áreas urbanas, como alagamentos, e em áreas rurais, como erosão dos solos, inundações de pastagens e de lavouras (BACK, 2002).

A chuva é considerada uma forma de precipitação, a qual pode ser definida como toda a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. É o agente responsável pela energia necessária para que ocorra a erosão hídrica, agindo pelo impacto das gotas sobre a superfície do solo e também pela capacidade de produzir escoamento superficial. A determinação da intensidade de precipitação é importante para controle de inundações e erosão do solo (BERTONI; TUCCI, 1997; PRUSKI, 2009).

As chuvas podem ser classificadas em: a) precipitações frontais ou ciclônicas: resultam da ascensão do ar quente sobre o ar frio na zona de contato entre duas massas; b) orográficas: causadas pelo resfriamento da massa de ar úmido que ao encontrar uma barreira de montanhas é forçada a se elevar; c) convectivas: causadas pelo aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando brusca elevação da massa de ar a grandes alturas (BACK, 2002).

O regime pluviométrico em Santa Catarina caracteriza-se por ser distribuído ao longo do ano devido às características do relevo e à atuação da Massa de Ar Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica (SANTA CATARINA, 1986). A média da precipitação total anual varia de 1.220 a 2.200 mm, sendo os valores mais altos observados no litoral norte do Estado e no extremo oeste. A região do litoral sul caracteriza-se pelos menores valores de precipitação total anual, variando de 1.220 a 1.660 mm, com o total anual de dias de chuva entre 98 e 150 dias (EPAGRI, 1999).

De acordo com Nimer (1989) na área do litoral catarinense o máximo pluviométrico ocorre nos meses de janeiro, fevereiro e março, e o índice mínimo é registrado geralmente no inverno. Em geral, a pluviosidade é menor na planície litorânea e os maiores valores de pluviosidade são observados próximos à encosta da Serra Geral.

Para caracterização das chuvas, Back (2002) recomenda considerar as seguintes grandezas: a) *altura pluviométrica* (h) – indica a quantidade de água precipitada por unidade de área; a) *duração* (t) – intervalo de tempo decorrido entre o início e o término da precipitação; c) *intensidade* (i) – relação estabelecida entre a altura h e a duração t da chuva; d) *frequência* (F) – número de ocorrência de determinado valor de precipitação num intervalo de tempo.

A erosão hídrica superficial pode ocorrer em forma de *erosão pluvial*: quando produzida pelo impacto das gotas de chuva ao caírem em um solo desprotegido; *erosão por escoamento difuso*: caracterizada por filetes de água que se espalham e se juntam constantemente, depositando o material transportado; *erosão laminar*: se processa quando o solo superficial está saturado durante fortes precipitações; e *erosão por escoamento concentrado*: provocada por falta de boa estrutura de solo, gerando voçorocas (CARVALHO, 2008).

Conforme descreve Guerra (1999) a erosão gerada pela água das chuvas ocorre em quase toda a superfície terrestre, sendo mais intensa nas áreas com clima tropical, nas quais os índices pluviométricos são mais elevados. Este processo erosivo é mais intenso em determinadas estações do ano, sendo agravado a medida que os solos tornam-se

desprotegidos pela supressão da cobertura vegetal para exploração de madeira e produção agrícola.

A erosão hídrica é a principal causa de degradação de solos agrícolas devido à remoção de nutrientes da camada superficial que ocorre pelo desprendimento e arraste das partículas do solo, o que reduz a capacidade produtiva em razão da perda da camada de solo melhor formada e com maior teor de matéria orgânica, além de carrear fertilizantes e pesticidas aplicados na adubação para os lagos, açudes e rios, podendo gerar problemas de assoreamento e contaminação dos recursos hídricos (CASSOL, 1986; NASCIMENTO; CHAVES, 1996; EVANGELISTA et al., 2006; MACHADO et al., 2008; CASSOL et al., 2008).

De acordo com Schultz (1983) a erosão hídrica prejudicial é aquela que ocorre quando a lavoura vai sendo desprovida de vegetação e sofre o trabalho do arado e da grade. O processo erosivo tem início com o impacto da gota de chuva no solo, atirando suas finas partículas para cima. Em um solo plano as partículas são lançadas para os dois lados. Em solo inclinado as partículas são lançadas com mais força para a parte mais baixa do terreno, sendo este fenômeno mais intenso ainda em um solo com maior inclinação.

A partícula derivada da rocha que sofre erosão é deslocada, transportada, depositada e compactada. O transporte de sedimentos ocorre nos cursos d'água, em maior quantidade em época chuvosa, sendo que de 70 a 90% de todo o sedimento transportado pelos cursos d'água ocorrem durante fortes precipitações (CARVALHO, 2008).

De acordo com Lima (2003) a chuva é um elemento climático que influencia na erosão hídrica do solo através de seu volume, intensidade e frequência. Considerando os efeitos da chuva sobre o solo, a característica de maior influência no fenômeno erosivo é a intensidade, seguida da duração, que é o seu complemento e determina a chuva total. Pruski (2009) afirma que no processo de ocorrência de erosão hídrica, mais importante que os totais anuais precipitados, é a distribuição do tamanho, a velocidade e a energia cinética das gotas e a intensidade, duração e frequência da chuva, sendo o conjunto destes fatores conhecido como erosividade da chuva.

A energia cinética da chuva determina a erosividade, que corresponde à habilidade da chuva em causar erosão. É o parâmetro mais utilizado por diversos autores para predizer a perda de solo. Para determinação do potencial erosivo é necessário conhecer os parâmetros de erosividade e as características das gotas de chuva, que variam no tempo e no espaço. A duração (t) de uma chuva é definida como o

período de tempo durante o qual a chuva cai, sendo as unidades mais utilizadas o minuto e a hora. A intensidade (i) é a precipitação por unidade de tempo (velocidade de precipitação) expressa geralmente em mm h^{-1} ou mm min^{-1} (GARCEZ; ALVAREZ, 1988; BERTONI; TUCCI, 1997; GUERRA, 1999).

3.3 DETERMINAÇÃO DE PERDA DE SOLO

A taxa de erosão de um determinado local é determinada pelo modo em que numerosas variáveis físicas e de manejo são combinadas. Mensuramentos físicos de perda de solo, para um grande número de combinações possíveis, em que os níveis desses fatores variáveis podem ocorrer em condições de campo, não seria viável. Desta forma, as equações de perda de solo foram desenvolvidas para permitir que os planejadores projetem dados de erosão para diferentes localidades e condições (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A determinação de perdas de solo concebida em condições de campo como forma de auxiliar na escolha das melhores práticas de conservação e manejo para os diferentes cenários de aplicação é, de acordo com Lima (2003), uma tarefa cara e que consome tempo. Segundo o autor, os modelos ajudam no entendimento das relações de causa e efeito, envolvendo agentes e fatores ligados aos processos de erosão dos solos.

Conforme Mendes (2006) para estudo e representação dos processos erosivos do solo são adotados modelos com equações matemáticas que são aplicados no dimensionamento de estruturas de controle da erosão, avaliação de práticas de manejo do solo e planejamento ambiental.

As primeiras fórmulas para avaliação de perdas de solo utilizavam uma ou duas variáveis, aplicadas em um local de estudo (CARVALHO, 2008). Os primeiros modelos começaram a ser desenvolvidos em 1930. Duas décadas depois surgiu o modelo mais difundido e de aplicação universal desenvolvido por Wischmeier e Smith denominado Equação Universal de Perdas de Solo – USLE (LIMA, 2003).

Conforme Wischmeier e Smith (1978), a USLE é um modelo de erosão projetado para prever a média de perdas de solo ao longo do tempo considerando o escoamento superficial de áreas especificadas em

condições de manejo também especificadas. A utilização em campo comprovou a sua utilidade e validade para este fim.

Com a seleção adequada dos valores dos fatores, a equação permite calcular a perda média de solo para um sistema multi-cultivo, para uma safra especial em uma rotação de culturas ou para um estágio de desenvolvimento dentro de um ano de cultivo. O modelo calcula a perda de solo para um determinado local como o produto de seis fatores, cujos valores mais prováveis, ou representativos, em um local específico, podem ser expressos numericamente. Desta forma, a Equação de Perdas de Solo é composta por:

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

Onde:

A = é a perda de solo calculada por unidade de área, expressa nas unidades selecionadas para K e para o período selecionado para R. Na prática, estas geralmente são de tal modo que eles computam A em toneladas por hectare por ano ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), mas outras unidades podem ser selecionadas.

R = fator de precipitação (erosividade) é o índice de chuvas erosivas.

K = fator de erodibilidade do solo, é a taxa de perda de solo descrita por um índice de erosão específico para cada tipo de solo medido sobre uma parcela da unidade, definida como um comprimento de 72,6 pés, em declive-uniforme nove por cento, em pousio livre de vegetação.

L = fator comprimento do declive do terreno.

S = fator declividade, é a razão da perda de solo a partir da declividade de 9% por cento em condições idênticas.

C = fator de cobertura e de manejo, é a razão da perda de solo com uma cobertura e manejo especificados, em comparação com área idêntica manejada em contínuo pousio.

P = fator práticas conservacionistas, é a razão da perda de solo com uma prática de apoio como o cordão de contorno, plantio em nível ou terraços comparado com cultivos morro abaixo (WISCHMEIER; SMITH, 1976).

A modelagem matemática tem sido muito aplicada para estimativa e predição dos processos erosivos, sendo aprimorada a determinação dos parâmetros que compõem os modelos na medida em que avançam as pesquisas de campo e o processamento de dados. Apesar disso, a ideia principal proposta por Wischmeier & Smith na década de 1950 através da USLE tem sido utilizada como base para os

modelos atuais, servindo como guia para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas de conservação mais apropriadas, ressaltando que em função das limitações metodológicas originadas pela aplicação da equação em grandes áreas utilizando parâmetros obtidos em pequenas parcelas experimentais, os resultados obtidos devem ser analisados como indicativos das perdas de solo na bacia de drenagem (MENDES, 2006).

A equação universal de perdas de solo por ser utilizada para prever as perdas de solo por erosão, selecionar práticas de conservação de forma a minimizar as perdas, determinar os declives máximos para cultivo de acordo com os tipos de solo e manejos e para estudos de pesquisa (CARVALHO, 2008).

Silva et al. (2007) relatam que a USLE representa um importante instrumento para os trabalhos de conservação do solo, podendo ser usada como guia para planejamento das práticas de conservação mais apropriadas para cada terreno, a fim de garantir taxa de perda de solo abaixo ou igual à tolerância de perda para os diferentes tipos de solos.

Além do uso da USLE para terras agrícolas, atualmente pesquisadores utilizam-a também em outros tipos de uso e ocupação do solo, como em áreas de construção urbana e aterros para construção de estradas (RENARD et al., 1991 apud SILVA et al., 2007).

Cassol et al. (2008) recomendam que para utilizar a USLE como modelo de predição de perdas de solo por erosão hídrica é fundamental determinar seus parâmetros para as condições edafoclimáticas da região ou local onde será aplicada.

Ao longo dos anos, outros pesquisadores proporam modificações em alguns fatores da USLE que resultaram em outros modelos como MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation); o modelo ONSTAD-FOSTER que separa o termo de erosividade em um fator chuva e outro enxurrada; o modelo EPIC utilizado para predição da erosão e a relação desta com a perda de produtividade e a RUSLE que corresponde a uma atualização da USLE, com modificações dos fatores erodibilidade, uso, manejo e topográfico (LOMBARDI; WILLIAMS, 1975, FOSTER, 1975, RENARD et al., 1991 apud LIMA, 2003).

3.4 EROSIVIDADE DE CHUVAS

A erosividade é um índice que expressa a capacidade da chuva de causar erosão em uma área sem proteção (CARVALHO, 2008; FAO, 1967 apud CARVALHO et al., 2010). A variação deste índice auxilia na escolha da melhor época para estabelecer práticas de manejo e conservação do solo (VAL et al., 1986).

A erosividade da chuva, que representa a capacidade da chuva em provocar erosão, é determinada através de fatores como distribuição do tamanho, velocidade de queda, número, momento e energia cinética das gotas e também a intensidade, duração e frequência da chuva. É expressa como uma função potencial da intensidade de precipitação. Os primeiros estudos para determinar a energia cinética das gotas de chuva foram realizados por Wischmeier & Smith em 1960, os quais propuseram o fator Erosividade da chuva (R) incorporado à USLE, que representa o produto da energia cinética de cada chuva e sua intensidade máxima observada em 30 minutos, assim calculado considerando as unidades norte-americanas (SEIXAS, 1984; PRUSKI, 2009):

$$R = E_c I_{30} 10^{-2} \quad (2)$$

Onde E_c é a energia cinética ($\text{tonpe}^{-1}\text{acre}^{-1}\text{polegada de chuva}^{-1}$) calculado chuva por chuva conforme a expressão:

$$E_c = 916 + 331 \log I \quad (3)$$

Sendo o fator I expresso em pol.h^{-1} .

Foster et al. (1981) converteram as unidades da equação proposta por Wischmeier Smith em 1960, podendo-se calcular a energia cinética associada à chuva que incide sobre uma área através da expressão:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log i \quad (4)$$

Sendo: EC a energia cinética unitária ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$) e i é a intensidade da chuva dada em mm h^{-1} .

Para calcular o R é necessário dividir o diagrama pluviográfico de cada chuva em seguimentos uniformes, calcular a energia cinética de cada seguimento e multiplicar essa energia total pela maior quantidade de chuva registrada no período de 30 minutos consecutivos (SEIXAS, 1984; CASSOL et al., 2008).

O parâmetro de erosividade R ou EI_{30} tem sido calculado e testado em diversos países. No Brasil, Lombardi Neto foi o primeiro pesquisador a estudar este parâmetro na cidade de Campinas, SP em 1977. A partir deste estudo, demais pesquisadores adotaram o modelo original da USLE para o cálculo do fator R em outras cidades (EVANGELISTA et al., 2006).

Foster et al. (1981) e Leprun (1981 apud Seixas, 1984) ressaltam que o diâmetro das gotas não aumenta quando a intensidade de precipitação é maior que 76 mm h^{-1} . Partindo desta condição, a energia cinética da chuva assume valor constante e igual a $0,283 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Quando determinados os valores de EC e I_{30} , o índice de erosão associado a essa chuva pode ser calculado pela equação (CASSOL et al. 2008):

$$EI_{30} = EC \cdot I_{30} \quad (5)$$

Onde: EI_{30} é o índice de erosividade da chuva erosiva individual ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); EC é a energia cinética total da chuva (MJ ha^{-1}); I_{30} a intensidade máxima média de precipitação em 30 minutos (mm h^{-1}).

O índice de erosividade da chuva denominado EI_{30} é o produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos (PRUSKI, 2009).

Através da soma dos valores do índice de erosão de cada chuva pode-se quantificar a erosividade da chuva no período, sendo recomendado que se estime o valor médio do índice de erosão para um período mínimo de 20 anos (FOSTER et al., 1981 apud PRUSKI, 2009).

Machado et al. (2008) utilizaram registros de pluviogramas diários convertidos para o formato digital com uso do Sistema para Digitalização de Pluviogramas (HidroGraph1.02), com amplitude de 10 mm de altura precipitada e menor escala de leitura de 0,1 mm e tempo de registro de 24 horas com menor escala de leitura de 10 minutos. Para individualização das chuvas erosivas foram adotados os critérios propostos por Wischmeier e Smith em 1965 modificados por Cabeda (1976), onde a chuva foi considerada independente quando estava separada por outra num período mínimo de 6h com precipitação pluvial inferior a 1 mm e considerada erosiva quando a altura precipitada era maior que 10 mm ou igual ou superior a 6 mm num período máximo de 15 minutos.

Após a digitalização dos dados pluviográficos, Cassol et al. (2008) e Machado et al. (2008), utilizaram o programa computacional CHUVEROS para análise e realização do cálculo dos índices de erosividade EI_{30} .

Cassol et al. (2008) relatam que a obtenção de dados de chuva baseados em registros pluviográficos é a maneira mais fácil devido à disponibilidade de informações, porém consiste em um processo relativamente caro. Os autores também colocam que a determinação da erosividade das chuvas a partir de pluviogramas diários é um procedimento que demanda tempo. Por essas razões tem sido testadas relações da erosividade com a quantidade de chuvas.

Sobre as dificuldades de determinação do Fator R, Silva e Dias (2003, p. 348) afirmam que:

A determinação do fator R exige muito trabalho e tempo e, mesmo com o auxílio da informática, não dispensa a prévia leitura dos registros dos pluviógrafos, a separação e a anotação manual das chuvas individuais, e suas lâminas (mm) e durações (minutos) que são dados indispensáveis ao cálculo do índice EI30 de todas as chuvas individuais ocorridas nessas longas séries de dados. Por outro lado, não existem pluviógrafos em muitas localidades brasileiras ou, quando disponíveis, nem sempre os registros são contínuos para longos períodos de observações. Considerando esses obstáculos, vários pesquisadores vêm utilizando correlações entre a erosividade, determinada em registros pluviográficos, com simples dados de pluviometria mensais e anuais de ampla disponibilidade em praticamente todos os municípios do País para agilizar a obtenção do fator R (SILVA; DIAS, 2003, p. 348).

Silva (2004 apud Pruski, 2009) propôs a divisão do país em oito regiões homogêneas, em termos de precipitação, que permitem estimar a erosividade da chuva a partir das precipitações médias mensais (M_x) e da precipitação média anual (P). A Tabela 2 apresenta algumas equações propostas.

A unidade do sistema internacional de unidades utilizada para expressar o EI_{30} ou R é MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, lendo-se: megajoule x milímetro de chuva por unidade de área (hectare) por hora de chuva. Para interpretar os resultados dos índices de erosividade, Silva et al. (2007) apresentam as classes conforme apresenta a Tabela 3.

Para converter as unidades do sistema métrico para o sistema internacional, Silva et al. (2007) cita Foster et al. (1981) que indica a multiplicação do valor por 9,81. Sendo assim, para transformar as unidades do sistema internacional para o sistema métrico divide-se o valor do R por 9,81.

Tabela 2 – Equações propostas por diferentes autores para estimar a erosividade da chuva mensal (R_x) a partir das precipitações médias mensais (M_x) e da precipitação anual (P).

| Equação | Autor (es) |
|--|------------------------------------|
| $R_x = 3,76 \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 42,77$ | Oliveira Jr. e Medina (1990) |
| $R_x = 36,849 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{1,0852}$ | Morais et al. (1991) |
| $R_x = (0,66 M_x) + 8,88$ | Oliveira Jr. (1988) |
| $R_x = 42,307 \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + 69,763$ | Silva (2001) |
| $R_x = 0,13 \left(M_x^{1,24} \right)$ | Leprun (1981) |
| $R_x = 12,592 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,6030}$ | Val et al. (1986) |
| $R_x = 68,73 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,841}$ | Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) |
| $R_x = 56,115 \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,9504}$ | Morais et al. (1991) |
| $R = 19,55 + (4,2 M_x)$ | Rufino et al. (1993) |

Fonte: Silva (2004 apud Pruski, 2009); Silva et al. (2007).

Tabela 3 – Classes para interpretação dos índices de erosividade.

| Intervalo (tm mm ha ⁻¹ ano ⁻¹) | Interpretação |
|---|---------------------------|
| R < 250 | Erosividade fraca |
| 250 < R < 500 | Erosividade média |
| 500 < R < 750 | Erosividade média a forte |
| 750 < R < 1000 | Erosividade forte |
| R > 1000 | Erosividade muito forte |

Fonte: Carvalho (1994 apud Silva et al., 2007).

3.5 PADRÕES HIDROLÓGICOS E PERÍODO DE RETORNO

Além da erosividade, outra característica da chuva relacionada com o processo de erosão hídrica do solo é o padrão hidrológico, que conforme metodologia desenvolvida por Horner e Jens (1942 apud Cassol et al., 2008) denomina-se avançado, intermediário e atrasado, caracterizados, respectivamente, quando a localização do pico de maior intensidade está no início (primeiro terço), meio (segundo terço) ou fim (terceiro terço) do período de duração da chuva. De acordo com a metodologia, quando há idênticas condições de volume total, intensidade do pico e duração, as chuvas de padrão hidrológico atrasado são, do ponto de vista da erosão do solo, mais danosas, pois o pico de intensidade ocorre no último terço do tempo de duração da chuva, quando o solo apresenta maior teor de umidade.

O período de retorno ou tempo de recorrência é interpretado como o número médio de anos esperado para que uma determinada precipitação seja igualada ou superada. O seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior, ao analisado, se apresentar em um período determinado (por exemplo anual) (BERTONI; TUCCI, 1997).

Conforme apresentam Nerilo et al. (2002) a determinação do período de retorno corresponde a uma metodologia para prever, partindo de dados observados, futuras ocorrências de um determinado evento.

O período de retorno também pode ser definido como o “tempo médio decorrido entre as ocorrências de um evento que exceda ou iguale uma certa magnitude” (NERILO et al., 2002, p. 24).

agricultura permanente e 2.255 ha em lavouras temporárias, 4.428 ha são pastagens e 7.551 ha são matas e florestas (IPAT/UNESC, 2012).

Com relação aos solos predominantes no município de Urussanga, 65% do território do município é constituído de solos Argissolos e Alissolos e 31% de solos Cambissolos (Dufloth et al., 2005). Os Argissolos e Alissolos, em função de variação na textura e no gradiente textural, bem como classes de relevo, apresentam restrições de uso devido à suscetibilidade a erosão hídrica. Os Cambissolos, apesar de ocorrerem tanto em solos praticamente planos até relevos montanhosos, predominam em relevo forte ondulado, ondulado e suave ondulado, determinando restrições ao uso devido também à suscetibilidade a erosão hídrica.

4.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

De acordo com Ayoade (1998), Varejão-Silva (2001) e Nimer (1989) diversos fatores devem ser considerados para caracterizar um clima local, tais como: massas de ar, radiação solar, altitude, latitude, continentalidade e correntes oceânicas. Estes fatores condicionam os elementos climáticos, como por exemplo, temperatura, precipitação, umidade do ar, ventos e pressão atmosférica.

A região sul do Brasil difere-se das demais regiões por apresentar o domínio exclusivo do clima mesotérmico do tipo temperado. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é Cfa, ou seja, subtropical, temperado chuvoso e quente, úmido sem estação seca definida. A média de temperatura do mês mais frio, que é junho, é 14,6°C. O mês que apresenta a média de temperatura mais alta é fevereiro, com 24,1°C (NIMER, 1989; VIANELLO; ALVES, 2000).

Nimer (1989) destaca que o clima da região do sul do Brasil é uniforme em relação à pluviometria e ao ritmo estacional do seu regime, não se observando tal uniformidade em relação aos valores e regimes térmicos.

Braga e Ghellre (1999) baseados nas conceituações de Köppen e Nimer propõem a divisão do território catarinense em cinco tipos distintos e dez subtipos climáticos. Conforme metodologia, o tipo climático da região de estudo é 2 e o subtipo B, sendo o domínio climático mesotérmico brando. A temperatura média anual varia de 17,0 a 19,3°C, a média normal das máximas varia de 23,4 a 25,9°C e das mínimas de 12,0 a 15,1°C. O índice pluviométrico varia de 1220 a 1660

mm, com total anual de dias de chuva entre 102 e 150. A umidade relativa do ar pode apresentar variação de 81,4 a 82,2%. Podem ocorrer, em termos normais, de 0 a 26 geadas por ano. Os valores de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2°C são relativamente baixos (de 164 a 437 horas acumuladas por ano). A insolação total normal anual varia de 1.855 a 2.182 horas nesta sub-região (BRAGA; GHELLRE, 1999).

5 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir dos dados de chuva de diagramas diários obtidos do pluviógrafo da Estação Meteorológica de Urussanga, no período de 10/1980 a 03/2012, seguindo a recomendação de Carvalho et al. (2005) de estudar séries históricas de no mínimo 22 anos.

O pluviógrafo registra a altura pluviométrica e a duração da chuva em gráficos, fornecendo a intensidade da chuva. O modelo utilizado em Urussanga é o Tipo Hellman Fuess, que fornece pluviogramas diários com precisão para chuva com durações iguais ou superiores a cinco minutos.

Os dados dos pluviogramas diários, que registram as chuvas em mm no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal, com subdivisões em intervalos de 10 minutos em um período de 24 horas, foram digitalizados com o programa Gedac (PEDROLO, 1997). As chuvas foram digitalizadas em segmentos com intensidade constante.

Foi elaborado um programa de computador em linguagem Delphi para a leitura dos dados digitalizados e a realização dos cálculos. No programa constam os seguintes procedimentos:

1) Identificação da chuva individual: adotando os critérios sugeridos por Wischmeier e Smith (1958 apud Cabeda, 1976) foi considerada chuva individual aquela separada da anterior e da posterior por um período mínimo de 6 horas sem chuva ou com menos de 1 mm;

2) Identificação da chuva erosiva: foram consideradas chuvas erosivas aquelas com quantidade igual ou superior a 10 mm ou igual ou superior a 6 mm em um período máximo de 15 minutos;

3) Cálculo da Energia cinética unitária: a energia cinética unitária de cada segmento uniforme de chuva foi obtida pela expressão proposta por Wischmeier & Smith (1978) em unidades do sistema internacional:

$$EC = 0,119 + 0,0873 \log i \quad (6)$$

Sendo: EC a energia cinética unitária ($\text{MJ ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$); i é a intensidade da chuva dada em mm h^{-1} no segmento considerado;

4) Cálculo da energia cinética do segmento expressa em MJ ha^{-1} , multiplicando a EC pela quantidade de chuva no respectivo segmento uniforme, isto é:

$$Ecs = EC h \quad (7)$$

Em que: E_{cs} é a energia cinética do segmento ($MJ ha^{-1}$); h é a altura pluviométrica do segmento (mm);

5) Cálculo da energia cinética total da chuva, somando-se a energia cinética de cada segmento uniforme, isto é:

$$EC_t = \sum EC_s \quad (8)$$

6) Cálculo da intensidade máxima da chuva em um período de 30 minutos (I_{30});

7) Determinação do índice EI_{30} que representa a erosividade de cada chuva individual e erosiva através da seguinte expressão, conforme Cassol et al. (2008):

$$EI_{30} = EC_t I_{30} \quad (9)$$

Em que: EI_{30} é o índice de erosividade da chuva erosiva individual ($MJ mm ha^{-1} h^{-1}$); EC_t é a energia cinética total da chuva ($MJ ha^{-1}$); I_{30} é a intensidade máxima média de precipitação em 30 minutos ($mm h^{-1}$);

8) Obtenção das somas mensais e anuais dos índices EI_{30} determinados para cada chuva individual e erosiva.

9) Classificação das chuvas em padrões avançado, intermediário e atrasado de acordo com Horner & Jens (1942 apud Cassol et al., 2008), em que:

- Padrão avançado (AV): quando a maior intensidade ocorre no terço inicial do tempo de duração total da chuva;
- Padrão intermediário (IT): quando a maior intensidade é verificada no terço intermediário;
- Padrão atrasado (AT): quando a maior intensidade ocorre no terço final do tempo total de duração da chuva.

Com a média da erosividade anual das chuvas no período analisado tem-se o Fator R da Equação Universal de Perda de Solo para aplicação em Urussanga e na região do entorno com características climáticas semelhantes.

Com os valores da erosividade anual de chuva foram estimados o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da chuva erosiva. Para a determinação do período de retorno foi adotada a metodologia descrita em Kittle (1977), em que os dados foram ordenados em ordem

decrecente, e estimada a frequência de ocorrência pelo Método de Weibul (1939), conforme:

$$F = \frac{m}{n + 1} \quad (10)$$

Em que: F é Frequência de ocorrência do evento;

m é a ordem de ocorrência na série ordenada;

n é o número de anos analisados.

O período de retorno é dado pelo inverso da frequência, isto é:

$$T = \frac{n + 1}{m} \quad (11)$$

Em que T é o período de retorno do evento.

Com os valores do índice de erosividade das chuvas e a chuva mensal e anual foram estabelecidas as relações linear e potencial entre a erosividade das chuvas calculada pelo índice EI_{30} e o coeficiente de chuvas, conforme proposto por Lombardi Neto (1977) pelas seguintes expressões.

$$EI_{30} = a + bRc \quad (12)$$

$$EI_{30} = aRc^b \quad (13)$$

Em que: EI_{30} é o índice de erosividade das chuvas ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); a e b são coeficientes de ajuste; Rc é o coeficiente da chuva, em mm, dado pela seguinte relação:

$$Rc = \frac{(Pm)^2}{Pa} \quad (14)$$

Em que: Pm é a precipitação média mensal, em mm; Pa é a precipitação média anual, em mm.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No período de 1980 a 2011 a média anual de precipitação pluvial em Urussanga foi de 1.781,79 mm, com médias mensais variando entre 94,6 e 222,22 mm (Tabela 4). Desse total, a média anual de chuvas erosivas foi de 1.502,6 mm ano⁻¹ (84,3%) e das chuvas não erosivas 279,1 mm ano⁻¹ (15,7%). Em relação às médias mensais, os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro correspondem à 42,8% do total de chuvas erosivas e representam a maior pluviosidade média, respectivamente com 222,2, 216,3, 161,9 e 171,6 mm de chuva. Os meses com menor pluviosidade média mensal foram junho (94,6 mm) e agosto (115,1 mm).

Tabela 4 - Valores de médias mensais de altura de chuva não erosiva, chuva erosiva e chuva total de Urussanga, SC.

| Período | Chuva não erosiva | | Chuva erosiva | | Chuva total | |
|---------|-------------------|-------|---------------|-------|-------------|--------|
| | mm | % | mm | % | mm | % |
| Jan | 35,0 | 1,97 | 187,2 | 10,50 | 222,2 | 12,33 |
| Fev | 36,9 | 2,07 | 179,4 | 10,06 | 216,3 | 12,06 |
| Mar | 28,0 | 1,57 | 133,9 | 7,51 | 161,9 | 9,00 |
| Abr | 23,0 | 1,29 | 96,5 | 5,41 | 119,5 | 6,76 |
| Mai | 19,4 | 1,09 | 110,6 | 6,21 | 130,0 | 7,19 |
| Jun | 16,4 | 0,92 | 78,2 | 4,38 | 94,6 | 5,27 |
| Jul | 20,6 | 1,15 | 104,4 | 5,86 | 125,0 | 6,97 |
| Ago | 20,7 | 1,16 | 94,4 | 5,29 | 115,1 | 6,42 |
| Set | 19,8 | 1,11 | 120,2 | 6,74 | 140,0 | 7,82 |
| Out | 27,7 | 1,55 | 129,7 | 7,28 | 157,4 | 8,78 |
| Nov | 26,1 | 1,46 | 121,5 | 6,82 | 147,7 | 8,24 |
| Dez | 28,4 | 1,60 | 143,2 | 8,03 | 171,6 | 9,43 |
| Anual | 279,1 | 15,65 | 1502,6 | 84,28 | 1781,7 | 100,00 |

Fonte: Dados da autora.

Na Tabela 5 são apresentadas as médias mensais do número de chuvas não erosivas e número de chuvas erosivas no período estudado, obtendo-se a média anual de 184,9 chuvas, sendo 77,7% de chuvas não erosivas e 22,3% de chuvas erosivas. O mês que mais ocorreram chuvas erosivas foi janeiro.

Tabela 5 - Valores de médias mensais do número de chuvas não erosiva, chuva erosiva e chuva total de Urussanga, SC.

| Meses | Chuva não erosiva | | Chuva erosiva | | Chuva total | |
|-------|-------------------|------|---------------|------|-------------|-------|
| | Nº | % | Nº | % | Nº | % |
| Jan | 15,9 | 8,6 | 5,3 | 2,9 | 21,2 | 11,5 |
| Fev | 16,1 | 8,7 | 5,0 | 2,7 | 21,2 | 11,4 |
| Mar | 14,0 | 7,6 | 4,0 | 2,2 | 18,0 | 9,7 |
| Abr | 12,9 | 7,0 | 2,7 | 1,4 | 15,6 | 8,4 |
| Mai | 9,9 | 5,3 | 2,6 | 1,4 | 12,5 | 6,7 |
| Jun | 10,4 | 5,6 | 2,3 | 1,3 | 12,8 | 6,9 |
| Jul | 10,6 | 5,7 | 2,9 | 1,5 | 13,5 | 7,3 |
| Ago | 9,5 | 5,1 | 2,7 | 1,5 | 12,2 | 6,6 |
| Set | 12,2 | 6,6 | 3,7 | 2,0 | 15,9 | 8,6 |
| Out | 14,1 | 7,6 | 3,8 | 2,0 | 17,8 | 9,6 |
| Nov | 13,5 | 7,3 | 3,9 | 2,1 | 17,4 | 9,4 |
| Dez | 13,6 | 7,4 | 3,9 | 2,1 | 17,5 | 9,4 |
| Anual | 143,6 | 77,7 | 41,3 | 22,3 | 184,9 | 100,0 |

Fonte: Dados da autora.

A Tabela 6 apresenta os valores mensais e anuais de erosividade calculados conforme a equação da energia cinética proposta por Wischmeier e Smith (1978).

Na série de dados analisada foi encontrado o valor médio anual do índice EI30 igual a 5.665,10 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ com desvio-padrão de 1.974 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Conforme classificação proposta por Carvalho (1994 apud Silva et al., 2007) apresentada na Tabela 3, as chuvas em Urussanga são de erosividade média a forte.

O valor encontrado representa o Fator “R” da Equação Universal de Perdas de Solo para uso local, podendo ser utilizado para os demais municípios que apresentam características climáticas semelhantes.

Os maiores valores de erosividade foram registrados nos meses de fevereiro de 1995 e janeiro de 2011, sendo 4.333,7 e 4.066,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente. Os menores valores registrados foram em novembro de 1989 e maio de 1985, com 4,3 e 6,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, respectivamente.

O maior índice de erosividade anual foi obtido em 1995 no valor de 12.091,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, sendo o valor mínimo de 2.847,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ registrado em 1989.

Valores de EI₃₀ foram calculados para diferentes cidades brasileiras. Como exemplos cita-se:

- Cassol et al. (2008) para São Borja, RS (9.750,9 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), considerado um dos índices mais altos do país, sendo utilizada série histórica de 47 anos;

- Cassol et al. (2007) para Ijuí, RS (1.667,40 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) considerado um dos menores índices de erosividade, utilizando série histórica de 30 anos;

- Mazurana et al. (2009) para Santa Rosa, RS (11.271 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹); com série histórica de 28 anos;

- Dias e Silva (2003) para Fortaleza, CE (6.774 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) utilizando série histórica de 18 anos;

- Evangelista et al. (2006) para Lavras, MG (5.403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) utilizando dados de série pluviográfica de 15 anos;

- Bertol (1993, 1994) para o município de Lages (5.694 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e para o município de Campos Novos (6.329 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), ambos em Santa Catarina, com série histórica de nove anos;

- Carvalho et al. (2005) para os municípios de Seropédica (5.472 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) e Nova Friburgo (5.430 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) ambos no Rio de Janeiro, utilizando série de dados de seis anos;

Conforme afirma Cogo et al. (2003) a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul concentra-se na época de implantação e desenvolvimento das culturas de primavera-verão. Os autores determinaram o índice de erosividade no valor 10.236 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ para o município de Santo Ângelo (RS), concentrando-se a maior erosividade nos meses de janeiro a março.

A distribuição relativa do índice de erosividade, ou seja, a média mensal, acumulada a cada mês é apresentada na Figura 2. Verifica-se que os meses de maior erosividade são dezembro, janeiro, fevereiro e março. Ressalta-se que quanto maior for a inclinação da curva para

determinado período, maior é o risco de ocorrência de erosão no solo, demandando maior atenção com aplicação de práticas conservacionistas neste período.

De maneira geral, os meses de verão apresentam valores maiores de erosividade, enquanto no inverno encontram-se os menores valores.

As principais culturas típicas de verão verificadas em Urussanga são milho, mandioca, feijão e fumo, com o plantio concentrado de setembro a novembro.

Tabela 6 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade EI_{30} ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$) em Urussanga, SC, com as respectivas estatísticas.

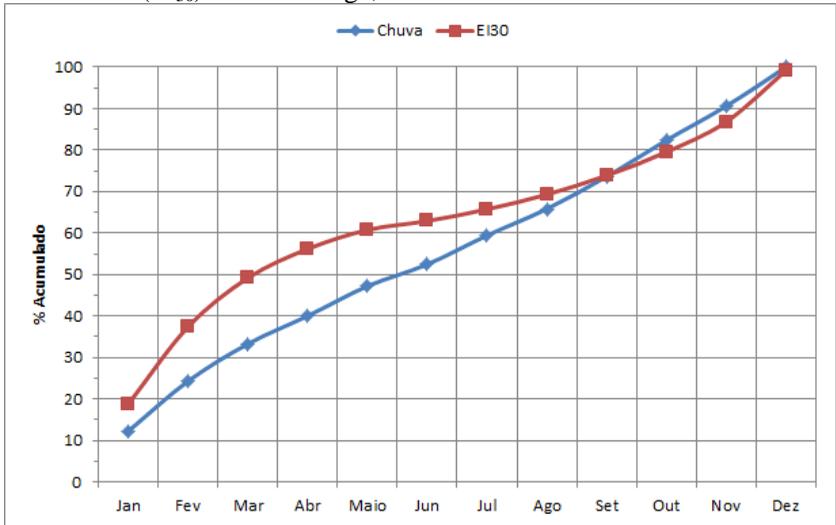
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Maio | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Anual |
|------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 1980 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 182,4 | 53,0 | 959,5 | |
| 1981 | 440,9 | 745,8 | 417,4 | 639,9 | 576,9 | 430,0 | 332,9 | 32,6 | 243,3 | 82,2 | 517,5 | 127,4 | 4586,6 |
| 1982 | 231,9 | 908,0 | 1680,2 | 448,1 | 33,1 | 260,2 | 182,1 | 7,1 | 14,2 | 310,8 | 202,0 | 414,3 | 4691,9 |
| 1983 | 1049,5 | 316,6 | 611,9 | 315,5 | 61,4 | 220,0 | 231,0 | 435,5 | 23,3 | 111,6 | 866,0 | 2509,5 | 6751,8 |
| 1984 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| 1985 | 121,9 | 3864,3 | 608,8 | 46,1 | 6,2 | 327,3 | 59,2 | 321,8 | 39,1 | 428,4 | 437,1 | 1075,8 | 7335,8 |
| 1986 | 173,9 | 594,8 | 297,3 | 480,6 | 193,6 | 11,6 | 89,6 | 92,7 | 145,0 | 769,9 | 891,1 | 669,3 | 4409,4 |
| 1987 | 725,7 | 1149,2 | 274,0 | 682,7 | 526,0 | 179,8 | 329,6 | 909,3 | 88,4 | 1051,5 | 591,0 | 262,5 | 6769,7 |
| 1988 | 1086,9 | 131,6 | 603,6 | 661,6 | 43,2 | 215,5 | 20,8 | 75,7 | 641,1 | 461,4 | 872,3 | 576,5 | 5390,1 |
| 1989 | 662,1 | 670,4 | 208,2 | 107,2 | 134,5 | 48,7 | 72,5 | 129,9 | 559,3 | 83,8 | 4,3 | 166,2 | 2847,1 |
| 1990 | 190,2 | 1110,9 | 68,3 | 579,4 | 254,7 | 55,6 | 62,9 | 143,1 | 286,0 | 829,7 | 580,8 | 2725,0 | 6886,5 |
| 1991 | 242,7 | 763,9 | 248,3 | 632,4 | 7,7 | 59,0 | 37,5 | 126,5 | 57,7 | 134,1 | 399,8 | 617,8 | 3327,4 |
| 1992 | 442,3 | 705,8 | 877,1 | 21,1 | 1088,9 | 38,4 | 249,4 | 53,6 | 163,0 | 24,6 | 466,7 | 249,8 | 4380,6 |
| 1993 | 1914,4 | 576,3 | 515,0 | 238,5 | 22,8 | 8,2 | 296,6 | 8,8 | 452,3 | 192,9 | 257,2 | 1398,1 | 5881,0 |
| 1994 | 1206,1 | 1411,2 | 890,5 | 109,9 | 1420,9 | 25,3 | 108,5 | 31,0 | 613,1 | 272,5 | 189,7 | 1365,0 | 7643,7 |

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Anual |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|
| 1995 | 3332,8 | 4333,7 | 389,7 | 70,1 | 81,8 | 256,6 | 187,1 | 59,1 | 118,0 | 202,9 | 189,8 | 2869,9 | 12091,3 |
| 1996 | 2630,7 | 1102,7 | 289,9 | 633,4 | 82,2 | 213,1 | 57,9 | 437,3 | 163,4 | 174,2 | 117,0 | 725,3 | 6627,1 |
| 1997 | 1859,6 | 1584,0 | 339,7 | 487,0 | 78,0 | 201,9 | 320,2 | 96,6 | 62,2 | 405,3 | 621,1 | 60,7 | 6116,4 |
| 1998 | 1226,8 | 1704,6 | 1068,0 | 128,6 | 31,6 | 207,2 | 103,9 | 241,4 | 137,8 | 405,0 | 156,0 | 410,9 | 5821,5 |
| 1999 | 564,8 | 981,9 | 1925,0 | 232,7 | 18,3 | 53,7 | 105,4 | 32,8 | 32,3 | 133,9 | 331,3 | 254,9 | 4667,0 |
| 2000 | 641,6 | 114,4 | 431,1 | 195,7 | 23,7 | 179,8 | 38,3 | 76,8 | 262,9 | 877,7 | 306,4 | 51,2 | 3199,6 |
| 2001 | 1314,0 | 839,6 | 208,4 | 207,1 | 123,8 | 71,3 | 339,1 | 44,0 | 152,0 | 507,6 | 192,1 | 62,6 | 4061,7 |
| 2002 | 355,1 | 283,7 | 1339,5 | 54,9 | 193,4 | 163,2 | 55,3 | 59,4 | 96,4 | 289,1 | 506,8 | 7,8 | 3404,5 |
| 2003 | 1244,8 | 1202,5 | 941,8 | 232,3 | 90,3 | 56,7 | 51,6 | 79,1 | 186,3 | 139,3 | 66,6 | 657,6 | 4948,9 |
| 2004 | 506,5 | 135,6 | 253,5 | 711,5 | 758,6 | 60,7 | 335,3 | 16,9 | 767,3 | 86,4 | 378,0 | 255,5 | 4265,7 |
| 2005 | 194,5 | 303,1 | 502,9 | 67,7 | 87,4 | 15,2 | 117,0 | 944,6 | 503,4 | 776,9 | 204,8 | 75,8 | 3793,2 |
| 2006 | 1569,1 | 510,4 | 241,4 | 2318,3 | 92,6 | 14,7 | 120,3 | 335,5 | 368,7 | 37,5 | 663,7 | 45,7 | 6317,9 |
| 2007 | 409,5 | 760,3 | 1539,1 | 651,0 | 274,0 | 6,2 | 218,4 | 124,2 | 171,0 | 74,6 | 247,6 | 2247,3 | 6723,2 |
| 2008 | 203,1 | 1211,2 | 584,5 | 135,3 | 349,1 | 42,1 | 308,0 | 143,1 | 166,3 | 781,5 | 384,1 | 429,5 | 4737,6 |
| 2009 | 2370,5 | 1892,2 | 2168,9 | 407,8 | 216,1 | 71,2 | 57,4 | 247,4 | 1018,4 | 45,1 | 545,7 | 281,0 | 9321,6 |
| 2010 | 1810,3 | 456,6 | 709,2 | 254,7 | 821,6 | 61,8 | 56,0 | 104,9 | 31,7 | 52,0 | 826,6 | 6,7 | 5191,9 |

| | Jan | Fev | Mar | Abr | Maio | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Anual |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|
| 2011 | 4066,9 | 1114,9 | 248,0 | 85,5 | 121,1 | 115,0 | 251,8 | 643,5 | 209,1 | 60,7 | 675,5 | 170,3 | 7762,2 |
| 2012 | 248,2 | 1226,1 | 166,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Média | 1065,7 | 1055,0 | 666,1 | 394,5 | 260,4 | 122,3 | 159,8 | 201,8 | 259,1 | 322,1 | 411,0 | 700,9 | 5665,1 |
| Desvio | 988,8 | 935,6 | 546,0 | 432,0 | 348,1 | 108,7 | 111,7 | 247,7 | 249,8 | 296,6 | 256,3 | 831,7 | 1974,3 |
| Máximo | 4066,9 | 4333,7 | 2168,9 | 2318,3 | 1420,9 | 430,0 | 339,1 | 944,6 | 1018,4 | 1051,5 | 891,1 | 2869,9 | 12091,3 |
| Mínimo | 121,9 | 114,4 | 68,3 | 21,1 | 6,2 | 6,2 | 20,8 | 7,1 | 14,2 | 24,6 | 4,3 | 6,7 | 2847,1 |

Fonte: Dados da autora.

Figura 2 - Distribuição acumulada (%) da chuva e do Índice de erosividade (EI_{30}) em Urussanga, SC.



Fonte: Dados da autora.

A Tabela 7 mostra os resultados obtidos no período de estudo para as intensidades máximas de chuva ocorridas em trinta minutos (I_{30}) com respectivos períodos de retorno. O maior valor encontrado foi em fevereiro de 1995 ($123,2 \text{ mm h}^{-1}$), quando também foi verificado o maior índice de erosividade, conforme apontado na Tabela 6. O período de retorno é de 31 anos. Em abril de 2006 obteve-se o segundo maior resultado ($96,8 \text{ mm h}^{-1}$) com período de retorno de 15,5 anos. O menor resultado de intensidade máxima em trinta minutos obtido no período de 30 anos analisado foi registrado em outubro de 2001 ($33,8 \text{ mm h}^{-1}$).

A intensidade média da chuva máxima com duração de 30 minutos é de $63,9 \text{ mm h}^{-1}$. Este resultado está de acordo com os valores observados por Back et al. (2011), que ajustaram as equações de chuvas intensas para 13 estações com dados de pluviógrafos de Santa Catarina. Os autores encontraram valores médios de chuva máxima com duração de 30 minutos variando de 16,7 mm (observada em Itajaí) a 32,2 mm (observada em Florianópolis), o que corresponde a intensidades de $33,4 \text{ mm h}^{-1}$ a $64,4 \text{ mm h}^{-1}$, respectivamente.

Na Figura 3 estão representados os valores de intensidade máxima da chuva em 30 minutos em função do período de retorno. Para o período de retorno de 2 anos, ao valor de I_{30} estimado é de $62,2 \text{ mm h}^{-1}$.

¹, correspondendo aproximadamente ao valor médio. Para período de retorno de 5 anos, o valor de I_{30} estimado é de aproximadamente 77 mm h^{-1} . O valor de I_{30} acima de 96 mm h^{-1} tem período de retorno estimado de 10 anos.

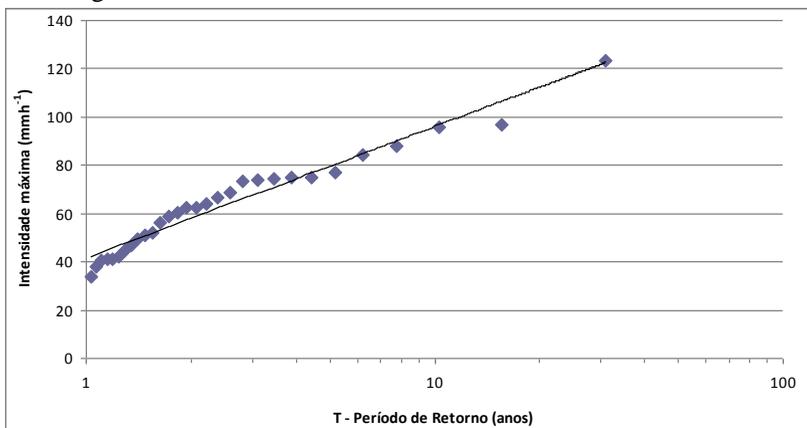
Tabela 7 - Intensidade máxima em trinta minutos (I_{30}) observada em Urussanga, SC.

| Ano | Intensidade máxima (mm h^{-1}) | Mês | Intensidade ordenada | m- n° de ordem | F - Frequência | T - Período de retorno (anos) |
|------|---|-----|----------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| 1981 | 40,6 | 4 | 123,2 | 1 | 0,0323 | 31,000 |
| 1982 | 62,2 | 3 | 96,8 | 2 | 0,0645 | 15,500 |
| 1983 | 73,6 | 12 | 96,0 | 3 | 0,0968 | 10,333 |
| 1985 | 77,2 | 12 | 88,0 | 4 | 0,1290 | 7,750 |
| 1986 | 51,2 | 12 | 84,4 | 5 | 0,1613 | 6,200 |
| 1987 | 49,4 | 2 | 77,2 | 6 | 0,1935 | 5,167 |
| 1988 | 62,2 | 11 | 74,8 | 7 | 0,2258 | 4,429 |
| 1989 | 42,4 | 2 | 74,8 | 8 | 0,2581 | 3,875 |
| 1990 | 73,8 | 12 | 74,6 | 9 | 0,2903 | 3,444 |
| 1991 | 51,8 | 4 | 73,8 | 10 | 0,3226 | 3,100 |
| 1992 | 68,6 | 3 | 73,6 | 11 | 0,3548 | 2,818 |
| 1993 | 74,6 | 1 | 68,6 | 12 | 0,3871 | 2,583 |
| 1994 | 74,8 | 2 | 66,4 | 13 | 0,4194 | 2,385 |
| 1995 | 123,2 | 2 | 64,0 | 14 | 0,4516 | 2,214 |
| 1996 | 56,0 | 1 | 62,2 | 15 | 0,4839 | 2,067 |
| 1997 | 64,0 | 2 | 62,2 | 16 | 0,5161 | 1,938 |
| 1998 | 66,4 | 1 | 60,6 | 17 | 0,5484 | 1,824 |
| 1999 | 44,6 | 2 | 59,0 | 18 | 0,5806 | 1,722 |
| 2000 | 41,2 | 1 | 56,0 | 19 | 0,6129 | 1,632 |

| Ano | Intensidade máxima (mm h ⁻¹) | Mês | Intensidade ordenada | m- n° de ordem | F - Frequência | T - Período de retorno (anos) |
|------|--|-----|----------------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| 2001 | 33,8 | 10 | 51,8 | 20 | 0,6452 | 1,550 |
| 2002 | 47,0 | 3 | 51,2 | 21 | 0,6774 | 1,476 |
| 2003 | 88,0 | 3 | 49,4 | 22 | 0,7097 | 1,409 |
| 2004 | 41,2 | 4 | 47,0 | 23 | 0,7419 | 1,348 |
| 2005 | 38,0 | 5 | 44,6 | 24 | 0,7742 | 1,292 |
| 2006 | 96,8 | 4 | 42,4 | 25 | 0,8065 | 1,240 |
| 2007 | 96,0 | 12 | 41,2 | 26 | 0,8387 | 1,192 |
| 2008 | 59,0 | 2 | 41,2 | 27 | 0,8710 | 1,148 |
| 2009 | 84,4 | 3 | 40,6 | 28 | 0,9032 | 1,107 |
| 2010 | 74,8 | 1 | 38,0 | 29 | 0,9355 | 1,069 |
| 2011 | 60,6 | 1 | 33,8 | 30 | 0,9677 | 1,033 |

Fonte: Dados da autora.

Figura 3 - Estimativa da intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) para Urussanga, SC.



Fonte: Dados da autora.

A Tabela 8 apresenta os períodos de retorno para cada chuva individual erosiva máxima anual. O maior resultado do Índice de Erosividade encontrado em fevereiro de 1995 (3.337,23 MJ mm ha⁻¹h⁻¹) com período de retorno de 31 anos.

Em janeiro de 1985 obteve-se o segundo maior resultado (3.201,84 MJ mm ha⁻¹h⁻¹) com período de retorno de 15,5 anos. O menor resultado foi registrado em outubro de 2001 (349,47 MJ mm ha⁻¹h⁻¹). Para o período de retorno de 5 anos pode-se estimar a chuva erosiva máxima anual igual ou superior a 1.660 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ (Figura 4).

Com relação à época de ocorrência dos eventos extremos, observa-se que a maioria dos eventos ocorreram nos meses de janeiro a março, e somente em três anos os eventos máximos anuais não ocorreram entre os meses de outubro a março. Esta constatação é importante do ponto de vista de recomendações de práticas de manejo do solo e controle de erosão.

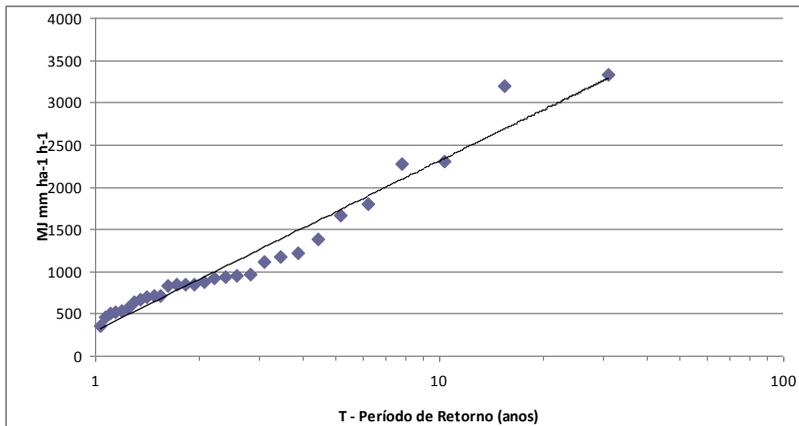
Tabela 8 - Chuva erosiva máxima anual observada em Urussanga, SC.

| Ano | Chuva erosiva (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹) | Mês | Chuva erosiva | m- n ^o de ordem | F - Frequência | T - Período de retorno (anos) |
|------|---|-----|---------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|
| 1981 | 636,7 | 2 | 3337,23 | 1 | 0,0323 | 31,000 |
| 1982 | 668,7 | 3 | 3201,84 | 2 | 0,0645 | 15,500 |
| 1983 | 854,3 | 12 | 2302,38 | 3 | 0,0968 | 10,333 |
| 1985 | 3201,8 | 1 | 2270,31 | 4 | 0,1290 | 7,750 |
| 1986 | 711,3 | 11 | 1797,65 | 5 | 0,1613 | 6,200 |
| 1987 | 527,9 | 2 | 1662,8 | 6 | 0,1935 | 5,167 |
| 1988 | 872,2 | 11 | 1377,92 | 7 | 0,2258 | 4,429 |
| 1989 | 512,6 | 1 | 1215,98 | 8 | 0,2581 | 3,875 |
| 1990 | 2270,3 | 12 | 1175,71 | 9 | 0,2903 | 3,444 |
| 1991 | 458,8 | 2 | 1114,58 | 10 | 0,3226 | 3,100 |
| 1992 | 842,9 | 3 | 969,93 | 11 | 0,3548 | 2,818 |
| 1993 | 834,5 | 1 | 944,59 | 12 | 0,3871 | 2,583 |

| Ano | Chuva erosiva (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹) | Mês | Chuva erosiva | m- n° de ordem | F - Frequência | T - Período de retorno (anos) |
|------|---|-----|---------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| 1994 | 916,9 | 2 | 933,09 | 13 | 0,4194 | 2,385 |
| 1995 | 3337,2 | 2 | 916,95 | 14 | 0,4516 | 2,214 |
| 1996 | 1377,9 | 1 | 872,28 | 15 | 0,4839 | 2,067 |
| 1997 | 933,0 | 1 | 854,36 | 16 | 0,5161 | 1,938 |
| 1998 | 969,9 | 1 | 842,99 | 17 | 0,5484 | 1,824 |
| 1999 | 571,9 | 2 | 841,15 | 18 | 0,5806 | 1,722 |
| 2000 | 709,0 | 10 | 834,57 | 19 | 0,6129 | 1,632 |
| 2001 | 349,4 | 10 | 711,33 | 20 | 0,6452 | 1,550 |
| 2002 | 841,1 | 3 | 709,07 | 21 | 0,6774 | 1,476 |
| 2003 | 1215,9 | 3 | 697,9 | 22 | 0,7097 | 1,409 |
| 2004 | 519,1 | 5 | 668,68 | 23 | 0,7419 | 1,348 |
| 2005 | 944,5 | 5 | 636,66 | 24 | 0,7742 | 1,292 |
| 2006 | 2302,3 | 4 | 571,96 | 25 | 0,8065 | 1,240 |
| 2007 | 1797,6 | 12 | 527,95 | 26 | 0,8387 | 1,192 |
| 2008 | 697,9 | 2 | 519,13 | 27 | 0,8710 | 1,148 |
| 2009 | 1662,8 | 3 | 512,6 | 28 | 0,9032 | 1,107 |
| 2010 | 1114,5 | 1 | 458,87 | 29 | 0,9355 | 1,069 |
| 2011 | 1175,7 | 1 | 349,47 | 30 | 0,9677 | 1,033 |

Fonte: Dados da autora.

Figura 4 - Estimativa da chuva erosiva máxima anual (EI₃₀) para Urussanga, SC.



Fonte: Dados da autora.

A Tabela 9 apresenta a frequência e o período de retorno para cada Índice de Erosividade Anual. O maior resultado foi encontrado em 1995 (12.091,32 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). Em 2009 obteve-se o segundo maior resultado (9.321,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹) com período de retorno de 15,5 anos. O menor resultado foi registrado em 1989 (2.847,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹).

O índice de erosividade anual com período de retorno de 5 anos pode ser estimado com 6.800 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ (Figura 5). Assim, poderia ser incluído um fator de risco na USLE, adotando o índice de erosividade de chuvas com determinado nível de probabilidade de recorrência ou período de retorno, e não somente o valor médio.

Tabela 9 - Índice de erosividade anual com respectivas frequências e períodos de retorno observada em Urussanga, SC.

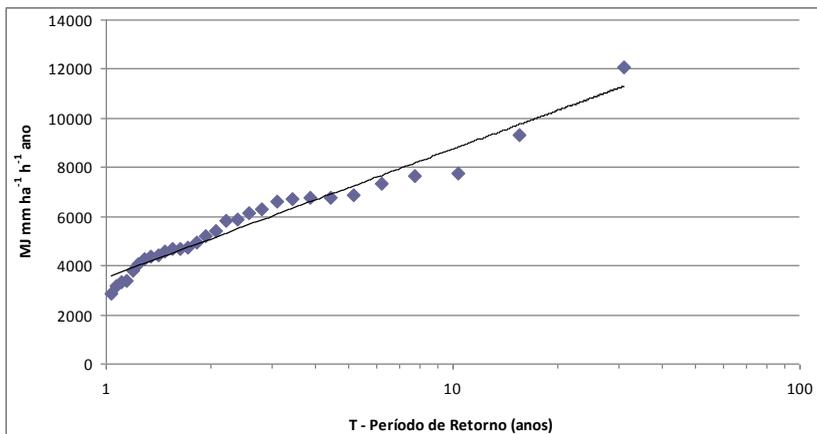
| Ano | Índice de erosividade EI_{30} | | m - n° de ordem | F - Frequência | T – Período de retorno (anos) |
|------|--|----------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| | (MJ mm ha ¹ h ⁻¹) | | | | |
| | Observada | Ordenada | | | |
| 1981 | 4586,6 | 12091,3 | 1 | 0,0323 | 31,000 |
| 1982 | 4691,9 | 9321,6 | 2 | 0,0645 | 15,500 |
| 1983 | 6751,8 | 7762,2 | 3 | 0,0968 | 10,333 |
| 1985 | 7335,8 | 7643,7 | 4 | 0,1290 | 7,750 |
| 1986 | 4409,4 | 7335,8 | 5 | 0,1613 | 6,200 |
| 1987 | 6769,7 | 6886,5 | 6 | 0,1935 | 5,167 |
| 1988 | 5390,1 | 6769,7 | 7 | 0,2258 | 4,429 |
| 1989 | 2847,1 | 6751,8 | 8 | 0,2581 | 3,875 |
| 1990 | 6886,5 | 6723,2 | 9 | 0,2903 | 3,444 |
| 1991 | 3327,4 | 6627,1 | 10 | 0,3226 | 3,100 |
| 1992 | 4380,6 | 6317,9 | 11 | 0,3548 | 2,818 |
| 1993 | 5881,0 | 6116,4 | 12 | 0,3871 | 2,583 |
| 1994 | 7643,7 | 5881,0 | 13 | 0,4194 | 2,385 |

| Ano | Índice de erosividade EI ₃₀ | | m - n° de ordem | F - Frequência | T – Período de retorno (anos) |
|------|--|----------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| | (MJ mm ha ¹ h ⁻¹) | | | | |
| | Observada | Ordenada | | | |
| 1995 | 12091,3 | 5821,5 | 14 | 0,4516 | 2,214 |
| 1996 | 6627,1 | 5390,1 | 15 | 0,4839 | 2,067 |
| 1997 | 6116,4 | 5191,9 | 16 | 0,5161 | 1,938 |
| 1998 | 5821,5 | 4948,9 | 17 | 0,5484 | 1,824 |
| 1999 | 4667,0 | 4737,6 | 18 | 0,5806 | 1,722 |
| 2000 | 3199,6 | 4691,9 | 19 | 0,6129 | 1,632 |
| 2001 | 4061,7 | 4667,0 | 20 | 0,6452 | 1,550 |
| 2002 | 3404,5 | 4586,6 | 21 | 0,6774 | 1,476 |
| 2003 | 4948,9 | 4409,4 | 22 | 0,7097 | 1,409 |
| 2004 | 4265,7 | 4380,6 | 23 | 0,7419 | 1,348 |
| 2005 | 3793,2 | 4265,7 | 24 | 0,7742 | 1,292 |
| 2006 | 6317,9 | 4061,7 | 25 | 0,8065 | 1,240 |
| 2007 | 6723,2 | 3793,2 | 26 | 0,8387 | 1,192 |
| 2008 | 4737,6 | 3404,5 | 27 | 0,8710 | 1,148 |

| Ano | Índice de erosividade EI ₃₀ (MJ mm ha ¹ h ⁻¹) | | m - n° de ordem | F - Frequência | T – Período de retorno (anos) |
|------|--|----------|--------------------|----------------|----------------------------------|
| | Observada | Ordenada | | | |
| 2009 | 9321,6 | 3327,4 | 28 | 0,9032 | 1,107 |
| 2010 | 5191,9 | 3199,6 | 29 | 0,9355 | 1,069 |
| 2011 | 7762,2 | 2847,1 | 30 | 0,9677 | 1,033 |

Fonte: Dados da autora.

Figura 5 - Índice de erosividade (EI₃₀) estimado para Urussanga, SC.



Fonte: Dados da autora.

Na Figura 6 constam as equações de regressão ajustadas entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuvas para Urussanga. Observa-se que obteve-se melhor ajuste ($R^2 = 0,908$) para o modelo linear. Assim o Índice de Erosividade médio mensal para Urussanga pode ser estimado pela equação:

$$EI_{30} = 45,10 \frac{(Pm)^2}{Pa} - 127,05 \quad (15)$$

Em que: EI₃₀ é o índice de erosividade das chuvas (MJ mm ha¹h¹)

Pm = precipitação média mensal (mm);

Pa = precipitação média anual (mm).

Esta equação pode ser usada para estimar o valor do índice de erosividade das chuvas para a região sul do estado de Santa Catarina, onde existem dezenas de pluviômetros instalados (ANA, 2009), no entanto, um dos poucos pluviógrafos existentes é o da estação de Urussanga, cujos dados foram usados neste trabalho.

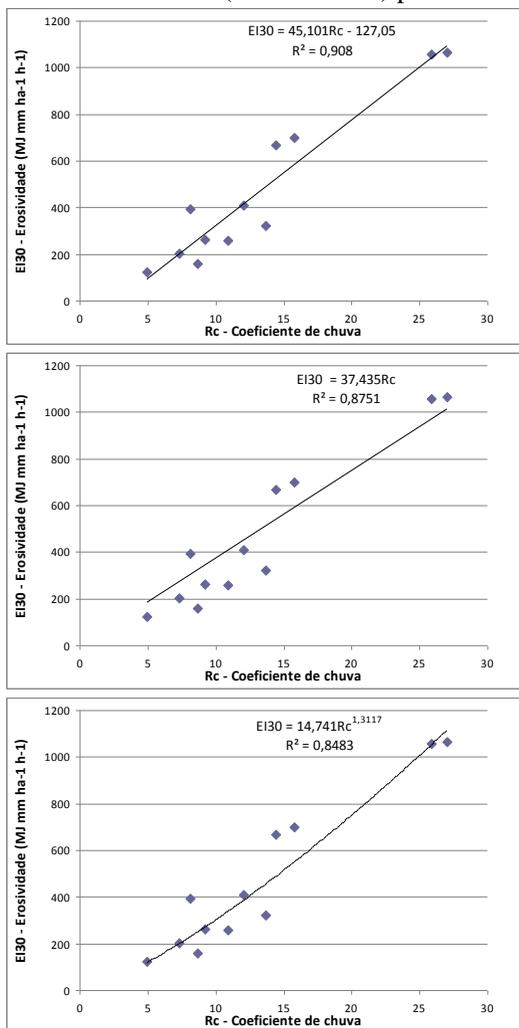
Outros autores estabeleceram as seguintes equações lineares:

- Mazurana et al. (2009): $EI_{30} = 354,71 + 44,927 R_c$ ($R^2 = 0,4131$);

- Cassol et al. (2008): $EI_{30} = 99,646 + 63,874 R_c$ ($R^2 = 0,771$);

- Bertol (1993): $EI_{30} = 0,01 R_c + 6,93$ ($R^2 = 0,61$)

Figura 6 - Curvas de ajuste entre o índice de erosividade EI_{30} médio mensal e o coeficiente de chuva ($RC = Pm^2/Pa$) para Urussanga, SC.



Fonte: Dados da autora.

Na Tabela 10 constam os valores dos números de chuvas erosivas classificadas nos três padrões. Durante o período de estudo, pode-se verificar a ocorrência de 1.221 chuvas erosivas, das quais 651 com perfil avançado, 416 com perfil intermediário e 154 com perfil atrasado.

Conforme metodologia desenvolvida por Horner & Jens (1942 apud Cassol et al., 2008) denomina-se padrões avançado, intermediário e atrasado, quando a localização do pico de maior intensidade está no início (primeiro terço), meio (segundo terço) ou fim (terceiro terço) do período de duração da chuva, respectivamente. De acordo com a metodologia, quando há idênticas condições de volume total, intensidade do pico e duração, as chuvas de padrão hidrológico atrasado são, do ponto de vista da erosão do solo, mais danosas, pois o pico de intensidade ocorre no último terço do tempo de duração da chuva, quando o solo apresenta maior teor de umidade.

O padrão avançado foi o de maior ocorrência, correspondendo a 53,31% do total de chuvas erosivas, seguido pelo padrão intermediário 34,07% e atrasado 12,61%. O mês de janeiro é o que concentrou o maior número de chuvas no padrão avançado e também intermediário. Já no padrão atrasado o maior número de chuvas ocorreu em fevereiro. No total das médias mensais, os meses de janeiro e fevereiro concentraram 25% do total de chuvas erosivas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Back (2011), que determinou os padrões de distribuição temporal de chuvas intensas de Urussanga, de acordo com a metodologia de Huff (1967). Com 132 chuvas intensas selecionadas, Back (2011) classificou as chuvas em quatro tipos de acordo com o quartil em que ocorre a maior precipitação, e observou que as chuvas do tipo I são mais frequentes, seguidas do tipo II que ocorrem predominantemente no verão, e as chuvas do tipo III e IV que ocorrem distribuídas ao longo do ano.

As chuvas concentradas no padrão avançado, conforme verificado neste estudo, tendem a gerar menores perdas de solo, pois conforme Mehl et al. (2001) quando a maior intensidade ocorre no primeiro terço o solo está menos úmido comparando aos demais padrões, ocorrendo menor desagregação e transporte das partículas.

Tabela 10 - Número de chuvas erosivas.

| Período (meses) | Padrão de chuva | | | Total de chuvas erosivas |
|--------------------|-----------------|---------------|----------|--------------------------------|
| | Avançado | Intermediário | Atrasado | |
| Janeiro | 88 | 49 | 17 | 154 |
| Fevereiro | 86 | 44 | 21 | 151 |
| Março | 66 | 26 | 12 | 104 |
| Abril | 37 | 25 | 13 | 75 |
| Maió | 34 | 25 | 6 | 65 |
| Junho | 32 | 23 | 10 | 65 |
| Julho | 29 | 47 | 7 | 83 |
| Agosto | 34 | 27 | 12 | 73 |
| Setembro | 47 | 40 | 17 | 104 |
| Outubro | 67 | 38 | 12 | 117 |
| Novembro | 71 | 34 | 13 | 118 |
| Dezembro | 60 | 38 | 14 | 112 |
| Ano | 651 | 416 | 154 | 1221 |

Fonte: Dados da autora.

Na Tabela 11 constam os valores da altura pluviométrica média das chuvas erosivas para os padrões avançado, intermediário e atrasado. Na média anual os valores de altura pluviométrica média das chuvas erosivas foram 28,4; 30,0 e 24,8 mm, respectivamente, para os padrões avançado, intermediário e atrasado.

Observa-se que nos três padrões a maior média de altura pluviométrica foi registrada no mês de maio, sendo 34,2 mm para o padrão avançado; 40,7 para o padrão intermediário e 51,2 mm para o padrão atrasado.

Tabela 11 - Altura pluviométrica média (mm) das chuvas erosivas.

| Período Meses | Avançado | Intermediário | Atrasado | Total |
|------------------|----------|---------------|----------|-------|
| Janeiro | 30,1 | 28,4 | 25,9 | 29,1 |
| Fevereiro | 29,4 | 30,9 | 21,6 | 28,8 |
| Março | 29,4 | 24,5 | 20,6 | 27,2 |
| Abril | 27,6 | 26,6 | 24,3 | 26,7 |
| Maiο | 34,2 | 40,7 | 51,2 | 38,3 |
| Junho | 23,9 | 33,5 | 14,9 | 25,9 |
| Julho | 23,9 | 31,5 | 17,7 | 27,7 |
| Agosto | 28,3 | 33,8 | 25,5 | 29,9 |
| Setembro | 32,5 | 23,3 | 33,4 | 29,1 |
| Outubro | 26,6 | 30,2 | 23,3 | 27,4 |
| Novembro | 25,8 | 23,3 | 24,5 | 24,9 |
| Dezembro | 27,1 | 36,1 | 22,6 | 29,6 |
| Ano | 28,4 | 30,0 | 24,8 | 28,5 |

Fonte: Dados da autora.

A Tabela 12 apresenta as médias mensais e anuais de duração das chuvas erosivas. A média geral da duração das chuvas erosivas é de 14,4 horas. A média anual é de 13,0 horas para as chuvas de padrão avançado, 16,3 horas para o padrão intermediário e 15,2 horas para o padrão atrasado. O mês de maio concentra as maiores médias mensais de duração para os três padrões.

Observa-se a tendência de menores durações de chuvas nos meses de verão e maiores nos meses de inverno. Esta constatação se deve em parte ao fato de no verão predominarem as chuvas intensas do tipo convectivo, que são caracterizadas pela curta duração, enquanto que no inverno predominam as chuvas do tipo frontais, caracterizadas pela longa duração. Resultados semelhantes foram obtidos por Back (2011).

Tabela 12 - Duração média (horas) das chuvas erosivas de Urussanga, SC.

| Período | Avançado | Intermediário | Atrasado | Total |
|-----------|----------|---------------|----------|-------|
| Janeiro | 11,2 | 12,7 | 10,8 | 11,7 |
| Fevereiro | 9,8 | 13,3 | 12,7 | 11,2 |
| Março | 11,6 | 12,9 | 13,0 | 12,1 |
| Abril | 10,0 | 15,3 | 14,5 | 12,6 |
| Maiο | 19,7 | 21,0 | 21,7 | 20,4 |
| Junho | 14,3 | 18,3 | 13,5 | 15,6 |
| Julho | 13,2 | 20,9 | 17,3 | 17,9 |
| Agosto | 16,7 | 19,3 | 17,9 | 17,8 |
| Setembro | 19,5 | 16,6 | 23,2 | 19,0 |
| Outubro | 12,7 | 16,5 | 16,2 | 14,3 |
| Novembro | 13,2 | 15,0 | 15,6 | 14,0 |
| Dezembro | 11,8 | 15,9 | 11,2 | 13,1 |
| Ano | 13,0 | 16,3 | 15,2 | 14,4 |

Fonte: Dados da autora.

O Índice de erosividade da chuva é o produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos. A Tabela 13 e a Tabela 14 mostram as médias mensais e anuais da energia cinética (EC) e da Intensidade (I) das chuvas erosivas de Urussanga classificados em padrões.

Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram as maiores médias mensais de energia cinética para as chuvas erosivas de padrão avançado ($6,6 \text{ MJ ha}^{-1}$). Para os padrões intermediário e atrasado o mês de junho apresentou os maiores valores de EC, sendo $7,4$ e $9,8 \text{ MJ ha}^{-1}$, respectivamente. A média total anual de EC é de $5,5 \text{ MJ ha}^{-1}$.

Tabela 13 - Energia cinética média ($\text{MJ}\cdot\text{ha}^{-1}$) das chuvas erosivas de Urussanga, SC.

| Período | Avançado | Intermediário | Atrasado | Total |
|-----------|----------|---------------|----------|-------|
| Janeiro | 6,6 | 5,7 | 5,2 | 6,1 |
| Fevereiro | 6,6 | 6,2 | 4,1 | 6,1 |
| Março | 6,4 | 4,8 | 3,7 | 5,7 |
| Abril | 5,8 | 5,0 | 4,6 | 5,3 |
| Maiο | 5,9 | 7,4 | 9,8 | 6,9 |
| Junho | 4,2 | 5,8 | 2,3 | 4,5 |
| Julho | 4,2 | 5,3 | 2,7 | 4,7 |
| Agosto | 5,0 | 5,9 | 4,4 | 5,2 |
| Setembro | 5,7 | 3,8 | 5,6 | 4,9 |
| Outubro | 5,0 | 5,4 | 3,7 | 5,0 |
| Novembro | 5,1 | 4,0 | 4,4 | 4,7 |
| Dezembro | 5,8 | 6,9 | 4,3 | 6,0 |
| Ano | 5,7 | 5,5 | 4,5 | 5,5 |

Fonte: Dados da autora.

As maiores intensidades médias mensais foram observadas em fevereiro para as chuvas de padrão avançado ($28,6 \text{ mm h}^{-1}$) e em janeiro para os padrões intermediário e atrasado, sendo 21,2 e 20,6 respectivamente.

Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram média igual para o I_{30} de $24,4 \text{ mm h}^{-1}$. A média total de intensidade média para as chuvas erosivas é de $17,4 \text{ mm h}^{-1}$. A média anual foi de 20,3; 14,4 e $13,7 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ para os padrões avançado, intermediário e atrasado, respectivamente.

Tabela 14 - Intensidade máxima em 30 minutos (I_{30}) média (mm.h^{-1}) da chuva erosiva.

| Período | Avançado | Intermediário | Atrasado | Total |
|-----------|----------|---------------|----------|-------|
| Janeiro | 26,9 | 21,2 | 20,6 | 24,4 |
| Fevereiro | 28,6 | 19,8 | 17,4 | 24,4 |
| Março | 26,3 | 17,4 | 13,9 | 22,7 |
| Abril | 23,0 | 18,1 | 16,6 | 20,3 |
| Mai | 10,2 | 12,5 | 15,3 | 11,6 |
| Junho | 10,8 | 11,0 | 7,6 | 10,4 |
| Julho | 9,6 | 10,0 | 7,9 | 9,7 |
| Agosto | 12,1 | 10,2 | 11,0 | 11,2 |
| Setembro | 10,8 | 8,9 | 10,6 | 10,1 |
| Outubro | 14,9 | 13,0 | 7,7 | 13,6 |
| Novembro | 19,7 | 11,2 | 12,1 | 16,4 |
| Dezembro | 25,1 | 16,3 | 15,7 | 20,9 |
| Ano | 20,3 | 14,4 | 13,7 | 17,4 |

A Tabela 15 apresenta os resultados de erosividade média por padrão para as chuvas erosivas. No mês de fevereiro é registrada a maior média mensal de erosividade para as chuvas dos padrões avançado e intermediário ($254,4$ e $181,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), respectivamente.

No padrão atrasado o mês com maior média de erosividade é maio ($217,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Analisando as médias totais, o mês de fevereiro também se destaca com média total erosividade de $211 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

A maior média anual foi obtida para as chuvas de padrão avançado ($159,1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) seguido pelo padrão intermediário ($107,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e atrasado ($85,8 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

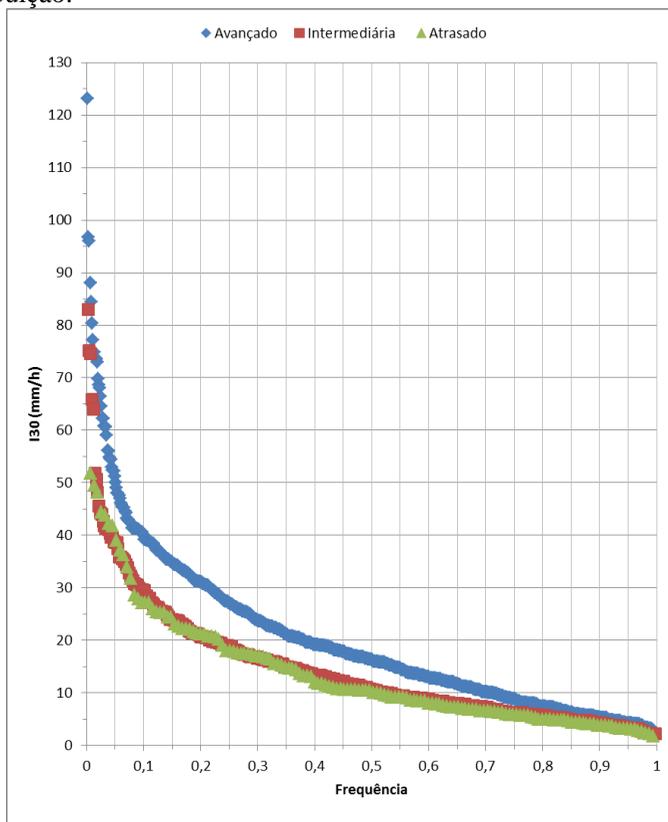
Tabela 15 - Erosividade das chuvas (EI_{30}) média da chuva erosiva (MJ $mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$).

| Período | Avançado | Intermediário | Atrasado | Total |
|-----------|----------|---------------|----------|-------|
| Janeiro | 224,2 | 175,0 | 167,8 | 202,3 |
| Fevereiro | 254,4 | 181,9 | 94,5 | 211,0 |
| Março | 205,7 | 102,8 | 58,9 | 163,0 |
| Abril | 197,4 | 113,7 | 99,2 | 152,4 |
| Maiο | 82,2 | 128,5 | 217,4 | 112,5 |
| Junho | 51,8 | 75,9 | 19,1 | 55,3 |
| Julho | 46,4 | 63,4 | 22,8 | 54,1 |
| Agosto | 70,1 | 92,9 | 72,1 | 78,9 |
| Setembro | 85,0 | 37,3 | 76,5 | 65,3 |
| Outubro | 92,8 | 88,0 | 35,2 | 85,3 |
| Novembro | 126,3 | 58,0 | 86,6 | 102,3 |
| Dezembro | 228,9 | 139,6 | 72,9 | 179,1 |
| Ano | 159,1 | 107,3 | 85,8 | 132,2 |

Fonte: Dados da autora.

Na Figura 7 estão representadas as frequências de ocorrências das intensidades máximas em 30 minutos das chuvas erosivas segundo o padrão de distribuição. Observa-se que as chuvas do padrão Avançado apresentam maior frequência que as do padrão Intermediário e Atrasado. Desta forma, observa-se que 20% das chuvas do padrão avançado apresentam intensidade máxima de 30 minutos acima de $30\ mm\ h^{-1}$, e para os padrões intermediário e atrasados a intensidade superada por 20% dos eventos é de $20\ mm\ h^{-1}$.

Figura 7 - Frequência das intensidades máximas em 30 minutos (I30) (mm.h⁻¹) das chuvas erosivas de Urussanga, segundo padrão de distribuição.



Fonte: Dados da autora.

A Tabela 16 apresenta os resultados da frequência de chuvas erosivas conforme a duração e o padrão. Do total de 1.221 chuvas erosivas, 41 (3,4%) tiveram duração inferior a 2 horas. Destas, 38 (92,7%) foram do padrão avançado, três do padrão intermediário e nenhum do padrão atrasado. A maior concentração de chuvas (32,9%) foi observada no intervalo de duração de 6 a 12 horas. Também pode-se observar que para duração inferior a 18 horas ocorre maior frequência de chuvas do padrão avançado, e para durações acima de 18 horas, as frequências de chuvas do padrão avançado e intermediário são

semelhantes. Em todas as durações as chuvas do padrão atrasado são as menos frequentes.

Tabela 16 - Frequência de chuvas erosivas de acordo com a duração e o padrão de chuvas.

| Padrão | Duração da chuva (horas) | | | | | | |
|---------------|--------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|------|
| | < 2 | 2 a 6 | 6 a 12 | 12 a 18 | 18 a 24 | 24 a 48 | > 48 |
| Avançado | 38 | 120 | 221 | 132 | 64 | 66 | 10 |
| Intermediário | 3 | 52 | 129 | 94 | 68 | 57 | 13 |
| Atrasado | 0 | 22 | 52 | 37 | 19 | 23 | 1 |
| Total | 41 | 194 | 402 | 263 | 151 | 146 | 24 |

A Tabela 17 apresenta a erosividade média de chuvas erosivas conforme duração e padrão. Para chuvas com duração menor do que duas horas, a maior média de erosividade foi obtida no padrão intermediário, no entanto, como foram somente 3 eventos do padrão intermediário e 38 eventos do padrão avançado, não se pode comparar as médias. Para as demais durações observa-se que a erosividade média é maior nas chuvas de padrão avançado. Isto se deve a maior intensidade dessas chuvas.

Tabela 17 - Erosividade média ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) de chuvas erosivas de acordo com a duração e o padrão de chuvas.

| Padrão | Duração da chuva (horas) | | | | | | |
|---------------|--------------------------|-------|--------|---------|---------|---------|--------|
| | < 2 | 2 a 6 | 6 a 12 | 12 a 18 | 18 a 24 | 24 a 48 | > 48 |
| Avançado | 177,3 | 181,1 | 155,6 | 109,9 | 104,1 | 235,5 | 400,4 |
| Intermediário | 504,8 | 125,1 | 67,2 | 80,6 | 82,0 | 171,2 | 388,8 |
| Atrasado | 0,0 | 125,6 | 60,8 | 54,1 | 78,4 | 154,3 | 253,5 |
| Total | 682,0 | 431,8 | 283,7 | 244,6 | 264,4 | 561,0 | 1042,7 |

7 CONCLUSÃO

Com base nos dados de precipitação registrados na estação meteorológica de Urussanga, pode-se concluir que:

1) No período de 1980 a 2012 a precipitação média anual foi de 1.781,8 mm, das quais 1.502,6 mm foram de chuvas erosivas e 279,1 mm foram de chuvas não erosivas;

2) Ocorrem em média 184,9 chuvas por ano, sendo 77,7% de chuvas não erosivas e 22,3% de chuvas erosivas;

3) O valor médio anual do índice EI_{30} é igual a 5.665,10 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, classificando as chuvas da região de Urussanga com erosividade média a forte;

4) O maior índice de erosividade anual foi obtido em 1995 no valor de 12.091,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, sendo o valor mínimo de 2.847,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ registrado em 1989.

5) A época do ano com maior erosividade de chuvas é de dezembro a março;

6) A época de maior ocorrência dos eventos extremos anuais de intensidade da chuva máxima em 30 minutos e chuva erosiva máxima anual é de outubro a março;

7) Durante o período de estudo, pode-se verificar a ocorrência de 1.221 chuvas erosivas, das quais 651 com perfil avançado, 416 com perfil intermediário e 154 com perfil atrasado;

8) A duração média das chuvas erosivas é de 14,4 horas, sendo a média 13,0 horas para as chuvas de padrão avançado, 16,3 horas para o padrão intermediário e 15,2 horas para o padrão atrasado;

9) A média total de intensidade média para as chuvas erosivas é de 17,4 mm.h⁻¹. A média anual foi de 20,3; 14,4 e 13,7 mm.h⁻¹ para os padrões avançado, intermediário e atrasado, respectivamente;

10) Do total de 1.221 chuvas erosivas, 41 (3,4%) tiveram duração inferior a 2 horas. A maior concentração de chuvas (32,9%) foi observada no intervalo de duração de 6 a 12 horas.

11) Para duração inferior a 18 horas ocorre maior frequência de chuvas do padrão avançado, e para durações acima de 18 horas, as frequências de chuvas do padrão avançado e intermediário são semelhantes. Em todas as durações, as chuvas do padrão atrasado são as menos frequentes.

12) O fator "R" da USLE, para regiões do entorno de Urussanga, com características semelhantes, pode ser estimado com dados de pluviometria utilizando-se a equação linear ajustada.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2009). **Inventário das Estações Pluviométricas**. Brasília: ANA: SGH, 2009. 332 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2011). **Programa Produtor de Água**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/produagua>>. Acesso em: 20 mai. 2012.

AMARAL, N. D. **Noções de Conservação do Solo**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 120 p.

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARROIO JUNIOR, P. P.; KUWAJIMA, J. I.; MAUAD, F. F. Erosão: principais tipos, consequências e formas de monitoramento e controle. **Anais... Foz do Iguaçu: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ABRH, 2012. CD-ROM.**

ARROIO JUNIOR, P. P.; RODRIGUES, T.; KUWAJIMA, J. I.; MAUAD, F. F. Avaliação espaço-temporal da perda de solo por erosão laminar na bacia hidrográfica do reservatório do Broa, municípios de Itirapina e Brotas – SP. **Anais... Foz do Iguaçu: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ABRH, 2012. CD-ROM.**

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia dos trópicos**. São Paulo: Editora Difel, 1998. 5. ed. 332 p.

BACK, Á. J. **Chuvas intensas e chuva de projeto de drenagem superficial no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. 65 p. (Boletim técnico, 123).

BACK, Á. J. **Time distribution of heavy rainfall events in Urussanga, Santa Catarina State, Brazil**. Acta Scientiarum. Agronomy (Online), v.33, p. 583 - 588, 2011.

BENINCASA, M. Algumas relações entre a bacia hidrográfica, o microclima e o comportamento vegetal. In: TAUKE, S. M. (Org.).

Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar. 2 ed. São Paulo: Ed. Da Universidade Estadual Paulista, 1995. p. 150-155.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI30) para Lages (SC) - 1ª Aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 515-521, abr. 1993.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 9, p. 1453-1458, set. 1994.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. Ed. TUCCI, Carlos E. M (org.). Porto Alegre: ABRH, 1997. p. 177-241.

BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. 1999. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBA, 1999. CD-ROM.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental.** São Paulo: Pintice Hall, 2002. 305 p.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 270-300.

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

CARVALHO, D. F. De.; 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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 7-14, 2005.

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

CARVALHO, D. F. de.; MACHADO, R. L.; EVANGELISTA, A. W. P.; KHOURY JUNIOR, J. K.; DILVA, L. D. B. DA. Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno dos índices de erosividade EI_{30} e $KE_{>25}$ em Seropédica – RJ. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 244-252, mar./abr. 2010.

CASSOL, E. A. **Erosão do solo: influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo**. 2. ed. Porto Alegre: IPRNR, 1986. 40 p.

CASSOL, E. A.; MARTINS, D.; ELTZ, F. L. F.; LIMA, V. S. De.; BUENO, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 15, n. 3, p. 220-231, 2007.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. De.; LIMA, V. D. De.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 32, p. 1239-1251, 2008.

CLARKE, R. T. *Statistical Modelling in Hydrology*. Chichester, John Wiley Sons. 1994. 412 p.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água Poe erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

D'AGOSTINI, Luiz Renato. **Erosão: o problema mais que o processo**. Florianópolis: UFSC, 1999. 131 p.

DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I – Distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno – 1ª aproximação. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, n. 27, p. 335-345, 2003.

DUFLOTH, J. H.; CORTNA, N.; VEIGA, M. da.; MIOR, L. C. (Org). **Estudos básicos regionais de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2005. 1 CD-ROM.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina S.A. **Zoneamento Agroclimatológico e Sócioeconômico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1999. CD.

EPAGRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina S.A. / Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais de Santa Catarina. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense (UPR 8)**. Florianópolis, 2001. 77 p.

EVANGELISTA, A. W. P. et al. Potencial erosivo das chuvas em Lavras, MG: Distribuição, Probabilidade de ocorrência e Período de retorno. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 1-11, janeiro-março, 2006.

FOSTER, G. R.; McCOOL, K. G.; MOLDENHAURER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2 ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 472 p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 17-56.

HUFF, F. A. Time distribution of rainfall in heavy storms. **Water Resources Research**, v.3, n.4, p.1007-1019, 1967.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Ithaca: Cornell University Press, 1977. 320 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades. 2010**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=421900>>.
Acesso em: 18 jun. 2013.

IPAT/UNESC. INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS. UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para o projeto de desassoreamento do rio Urussanga**. Volume 2: Estudo de Impacto Ambiental. Criciúma: IPAT/UNESC, 2012. 331 p.

KITE, G. W. **Frequency and risk analyses in hydrology**. Water Resources Publications. Fort Collins, 1977. 224 p.

LEFF, H. **Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável**. Tradução de Jorge Esteves da Silva. Blumenau: Ed. da FURB, 2000. 381 p.

LEPSCH, I. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178 p.

LIMA, E. R. V. de. **Erosão do Solo: fatores condicionantes e modelagem matemática**. Cadernos do Logepa – Série Pesquisa, Paraíba, ano 1, n. 1, Jan/Jun 2003. Disponível em:
<http://www.geociencias.ufpb.br/logepa/revistas/pesquisa/ano1_n1/ano1_n1_artigo1.htm>. Acesso em: 12 mai. 2011.

LOMBARDI-NETO, F. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53 p. Tese de mestrado.

MACHADO, R. L. et al. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lages (RJ). **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 32:2113-2123, 2008.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MAACHAR, A. F.; AYRES, F. M.; SOBRINHO, T. A. Integrando SIG e USLE para mapeamento da perda de solo em área de proteção ambiental. **Anais...** Foz do Iguaçu: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ABRH, 2012. CD-ROM.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. DOS.; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno

das chuvas erosivas de Santa Rosa, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 13: 975-983, 2009.

MEDEIROS, P. H. A.; SANTIAGO, R. A. C.; ARAÚJO, J. C. De. Concentração temporal da precipitação no Semiárido Brasileiro e seu efeito sobre a erosividade. **Anais...** Foz do Iguaçu: X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ABRH, 2012. CD-ROM.

MEHL, H. U.; REICHERT, J. M.; DIDONÉ, I. A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 475-483, 2001.

MENDES, C. A. R.. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim – RJ**. 2006. 236 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.getres.ufrj.br/pdf/MENDES_CAR_06_t_D_int.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2011.

NASCIMENTO, C. W. A. do; CHAVES, I. de B. Erosividade e Características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha – PB. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 407-412, 1996.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. **Chuvas intensas no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 2002. 156 p.

NETTO, A. L. C. Diagnósticos de erosão para o planejamento regional: subsídios metodológicos sob enfoque geo-hidroecológico. **In: VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Anais...** São Paulo: ABGE, 1998. p. 23-25.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.

OLIVEIRA, M. A. T. de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.

PEDROLLO, O. C. **GEDAC: Gerenciamento de Dados Contínuos.** Manual do usuário. Porto Alegre: IPH, 1997. 60 p.

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

ROTH, C. H., HENKLAIN, J. C.; FARIAS, G. S. Avaliação do tamanho de gotas de chuva natural e simulada para o norte do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, n. 2, p. 171-174, 1985.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e Prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 230-267 .

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. 1986. **Atlas de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 173 p.

SCHULTZ, L. A. **Métodos de conservação do solo.** Porto Alegre: SAGRA S.A., 1983. 74 p.

SEIXAS, B. L. S. **Fundamentos do manejo e da conservação do solo.** Salvador: UFBA, 1984. 304 p.

SILVA, J. R. C.; DIAS, A. S. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). II – Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do Fator R no período de 1962 a 2000. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 347-354, 2003.

SILVA, A. M. da.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** 2 ed. São Carlos: RiMa, 2007. 158 p.

VAL, L. A.; BAHIA, V. G.; FREIRE, J. C. DIAS JUNIOR, M. S. Erosividade das chuvas em Lavras – MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 199-209, 1986.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Brasília: INMET, 2001. 515 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, M. D. N. F. Solos: Propriedades, Classificação e Manejo. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 154 p.

WEIBUL, W. A statistical theory of strength of materials. Ing. Vet. Ak. Handl. (STOCKOL), 151, 1939.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S Department of Agriculture, **Agriculture Handbook**, n. 537, p. 1-58, dez. 1978.