



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LUIS FELLIPE ANDRADE FREGONESI

**EROSÃO POTENCIAL DO SOLO NO MUNICÍPIO DE  
LONDRINA, PARANÁ**

---

Londrina  
2013

LUIS FELLIPE ANDRADE FREGONESI

**EROSÃO POTENCIAL DO SOLO NO MUNICÍPIO DE  
LONDRINA, PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eloiza Cristiane Torres

Londrina  
2013

LUIS FELLIPE ANDRADE FREGONESI

**EROSÃO POTENCIAL DO SOLO NO MUNICÍPIO DE LONDRINA,  
PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Mestrado em Geografia, Dinâmica Espaço Ambiental, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Geografia.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eloiza Cristiane Torres  
UEL – Londrina - PR

---

Dr. João Henrique Caviglione  
IAPAR – Londrina - PR

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosana Figueiredo Salvi  
UEL – Londrina – PR

---

Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes  
UNESP – São Paulo - SP

Londrina, 23 de abril de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual de Londrina pela excelente formação e pela estrutura oferecida para a realização do curso de Mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e apoio para realizar esse estudo.

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eloiza Cristiane Torres não só pela orientação neste trabalho, mas sobretudo pelos ensinamentos ao longo de minha graduação e mestrado.

Ao pesquisador do IAPAR, Dr. João Henrique Caviglione pelos ensinamentos e auxílio da execução deste trabalho.

Ao IAPAR por ceder os dados meteorológicos do estado do Paraná para as análises.

Ao Instituto das Águas do Paraná por ceder os dados meteorológicos do estado do Paraná para as análises.

Aos meus pais, Jose Antonio Fregonesi e Diva de Souza Andrade, pela determinação e luta na minha formação, pelos incentivos, orientações e preocupações.

A minha namorada Luciana Aparecida Tolentino e minha irmã Ludmilla Andrade Fregonesi que me apoiaram nos momentos de dificuldade.

A minha família, especialmente a minha Tia Jerusa pela ajuda e apoio.

À Universidade Estadual de Londrina e Instituto Agrônomo do Paraná pelo apoio e colaboração para execução do trabalho.

Aos amigos que de alguma maneira ajudaram para esta realização.

A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosana Figueiredo Salvi por ter aceitado o convite de participar na minha qualificação e pela contribuição na realização da minha dissertação de mestrado, e ao prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes por ter aceitado o convite para participação da banca.

FREGONESI, Luis Fellipe Andrade. **Erosão potencial do solo no município de Londrina, Paraná**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

## RESUMO

A erosão é um dos processos naturais envolvidos na formação do solo. No entanto, com a atividade humana, ele deixa de ser natural e passa ser antrópico, tornando-se um processo de degradação. Pela Equação Universal de Perda de Solo, os fatores envolvidos no processo erosivo são chuva (erosividade), topografia (declividade e comprimento da encosta), a natureza do solo (erodibilidade), cobertura vegetal (uso e manejo do solo) e as práticas de conservação. O objetivo foi determinar a erosão potencial no município de Londrina, Paraná, Brasil. Como também avaliar a distribuição e ocorrência dos fatores erosivos. Para determinar o potencial erosivo no município de Londrina foi utilizada a Equação Universal de Perda do Solo do Wischmeier e Smith (1978) e revisada por Renard et al.(1997). A erosividade das chuvas foi determinado pelos dados de precipitação de 30 anos. Estes dados foram coletados em sete estações meteorológicas. Determinou-se a declividade e o comprimento de rampa com base no modelo digital de elevação do Shuttle Radar Topography Mission pelo programa de geoprocessamento, ESRI Arcgis 10.1. Para os mapas de erodibilidade basearam-se no mapa de solos do estadual e em valores de erodibilidade dos solos disponíveis na literatura. A determinação do potencial erosivo consiste de um fundamental instrumento ao planejamento ambiental por destacar áreas de fragilidade à erosão e importantes para identificar áreas que necessitam de uma intervenção e mitigação dos processos erosivos. O mapa de erosão potencial identificou que os maiores potenciais ( $1.500$  a mais  $3.000 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) encontram-se desde a área central do município prolongando-se até o sudeste de Londrina. Esses índices demonstram uma provável correlação entre a erodibilidade e o fator topográfico.

**Palavras-chave:** Erosão. Erosividade da chuva. Erodibilidade. Fator topográfico. Precipitação pluviométrica. RUSLE.

FREGONESI, Luis Fellipe Andrade. **Potencial erosion of the soil in the municipality of Londrina, Paraná.** 56 p. Dissertation (Master's degree in Geography) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

### **ABSTRACT**

Erosion is a natural processes involved in the soil formation. However with human activity, it's no longer going to be natural, becoming a degradation process. Using the Universal Equation of Soil Loss, which the factors involved in erosion are rain (erosivity), topography (slope steepness and length), the nature of the soil (erodibility), use of soil and conservation practices. The objective was to determine the potential erosion in Londrina, Paraná, Brazil. As well as assessing the distribution and occurrence of erosive factors. We used rainfall data of 30 years. These data were collected in seven weather stations. To determine the erosive potential in Londrina was used the Universal Equation Soil Loss from Wischmeier and Smith (1978) and revised by Renard et al. (1997). The topographic factor was determined based on digital elevation model of the Shuttle Radar Topography Mission with geoprocessing software, ESRI ArcGIS 10.1. to determine the steepness and length of slope. The erodibility maps were based on the soil map of the state of Paraná and in soil erodibility values available in the literature. The determination of erosion potential is a fundamental tool for environmental planning by highlighting areas of weakness to erosion and important to identify areas in need of an intervention and mitigation of erosion. Erosion potential map that showed the greatest potential (1,500 more than 3,000 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) are from the central area of the municipality extending to the southeast. These indexes demonstrate a probable correlation between erodibility and topographic factor.

**Keywords:** Erosion. Erodibility. Rainfall erosivity, RUSLE. Topographic factor.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Modelo conceitual de erosão do solo, ilustrando as três fases do processo.....	14
<b>Figura 2</b> - Regiões paranaenses com as respectivas equações do fator de erosividade em MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> .....	18
<b>Figura 3</b> - Mapa político-administrativo do município de Londrina e sua localização no estado do Paraná, Brasil .....	21
<b>Figura 4</b> - Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo.....	23
<b>Figura 5</b> - Mapa de solos do município de Londrina .....	28
<b>Figura 6</b> - Mapa de erosividade média de Janeiro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	32
<b>Figura 7</b> - Mapa de erosividade média de Fevereiro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	33
<b>Figura 8</b> - Mapa de erosividade média de Março para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	34
<b>Figura 9</b> - Mapa de erosividade média de Abril para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	36
<b>Figura 10</b> - Mapa de erosividade média de Maio para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	37
<b>Figura 11</b> - Mapa de erosividade média de Junho para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	38
<b>Figura 12</b> - Mapa de erosividade média de Julho para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	40
<b>Figura 13</b> - Mapa de erosividade média de Agosto para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	41
<b>Figura 14</b> - Mapa de erosividade média de Setembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	42
<b>Figura 15</b> - Mapa de erosividade média de Outubro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	44
<b>Figura 16</b> - Mapa da erosividade média de Novembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.....	45

<b>Figura 17</b> - Mapa da erosividade média de Dezembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil .....	46
<b>Figura 18</b> - Mapa de erosividade anual do município de Londrina .....	47
<b>Figura 19</b> - Mapa do comprimento da encosta para o município de Londrina, Paraná, Brasil .....	49
<b>Figura 20</b> - Mapa de declividade para o município de Londrina, Paraná, Brasil .....	50
<b>Figura 21</b> - Mapa de erodibilidade do solo no município de Londrina, Paraná, Brasil .....	51
<b>Figura 22</b> - Mapa área de fragilidade do solo no município de Londrina, Paraná, Brasil .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>IAPAR</b>	Instituto Agronômico do Paraná
<b>IA</b>	Instituto Águas do Paraná
<b>ITCG</b>	Instituto de Terras Cartografia Geociências
<b>NASA</b>	National Aeronautics and space administration
<b>RUSLE</b>	Revised Universal Soil Loss Equation
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topography Mission
<b>tiff</b>	Tagged image File format
<b>UEL</b>	Universidade Estadual de Londrina
<b>USLE</b>	Universal Soil Loss Equation

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	12
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b> .....	14
4.1	EROSÃO .....	14
4.2	FATORES CAUSADORES DA EROSIÃO .....	15
4.3	EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO .....	16
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	20
5.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
5.2	OBTENÇÃO DOS DADOS, MATERIAIS E PROGRAMAS .....	21
5.2.1	Dados de Precipitação Pluviométrica .....	22
5.2.2	Dados Topográficos .....	24
5.2.3	Mapa Divisão Politico-Administrativa do Estado do Paraná .....	24
5.2.4	Mapas de Solo do Estado do Paraná .....	24
5.2.5	Programas Computacionais .....	24
5.2.6	Determinação da Erosividade da Chuva .....	24
5.2.7	Determinação do Fator Comprimento da Encosta e Declividade .....	25
5.2.8	Determinação da Erodibilidade do Solo .....	27
5.2.9	Determinação da Erosão Potencial .....	29
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
6.1	EROSIVIDADE .....	30
6.1.1	Verão .....	30
6.1.2	Outono .....	35
6.1.3	Inverno .....	39
6.1.4	Primavera .....	43
6.1.5	Erosividade Anual .....	48
6.2	FATOR COMPRIMENTO DA ENCOSTA E DECLIVIDADE .....	48

6.3	ERODIBILIDADE .....	52
6.4	EROSÃO POTENCIAL.....	52
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Erosão é um termo que provem do latim “erodere”, cujo significado é corroer. Uma definição abrangente segundo Bastos, Milititsky e Gehling (2000), erosão é considerada como “um conjunto de processos pelos quais os materiais da crosta terrestre são desgastados e transportados de um ponto a outro pelos agentes erosivos, tais como as geleiras, os rios, os mares, o vento ou a chuva”.

A erosão é um processo natural que está envolvido na formação do solo. A erosão é um agente geológico que provoca a modificação das paisagens terrestres, sendo um agente lento e medido pelo tempo geológico. No entanto, quando o processo de erosão é afetado pelo homem, ele deixa de ser geológico e passa a ser antrópico, passando de um processo de formação para o de degradação acelerada e intensificada.

Para a Equação Universal Perda de Solo os fatores que causam os processos erosivos do solo podem ser enumerados: chuva (erosividade), topografia (declividade e comprimento da encosta), a natureza do solo (erodibilidade), cobertura vegetal (uso do solo) e práticas de conservação (manejo). Da ação antrópica, tão destacada nos tempos atuais, o desmatamento, a agricultura, a construção de obras urbanas e viárias, etc., sem o adequado planejamento conservacionista e ações mitigadoras.

As ações dos agentes erosivos são a chuva, enxurrada e vento. A erosividade está relacionada com a capacidade das chuvas de causar a erosão do solo, primeiramente provocando a destruição dos agregados que formam a estrutura do solo, tornando-os dispersos e de tamanho reduzido, os quais, sob a ação do escoamento superficial são transportados para as partes mais baixas do terreno.

A erodibilidade do solo pode ser definida como a propriedade do solo em resistir a maior ou menor facilidade com que suas partículas são desagregadas e transportadas pela ação de um agente erosivo. A erodibilidade, caracterizada como a susceptibilidade a erosão hídrica ou o impacto da chuva, é uma das propriedades de comportamento do solo de grande complexidade pelo grande número de fatores físicos, químicos e biológicos envolvidos.

A erosão do solo no Brasil, bem como em várias partes do mundo, é um problema de longo tempo e sempre agravado pelo uso inadequado do solo cultivado e, principalmente, devido às condições climáticas trazendo consequências

danosas. Ao longo do tempo, a remoção continuada da camada arável do solo traz uma série de problemas como, a destruição dos agregados, a exposição de horizontes inferiores, a remoção da matéria orgânica e dos nutrientes, a redução da aeração e infiltração da água, o assoreamento de rios, córregos e lagos, ocorrendo o declínio na produtividade do solo, desvalorização das áreas sucedendo os danos econômicos, sociais e finalizando em alguns casos com a desagregação do solo.

O ar, a água, os solos, a biodiversidade, dentre outros, necessitam de estudos em diferentes escalas, de modo tão integrado quanto possível, e aplicados à solução de problemas socioambientais. Neste contexto inclui se o estudo da erosão potencial em escala municipal, servindo de ferramenta para as secretarias do Meio Ambiente bem como da agricultura.

## 2 JUSTIFICATIVA

O estudo de erosão potencial porque consiste de um instrumento ao planejamento ambiental e agrícola que contribui para destacar as áreas com fragilidade a erosão, como também, para destacar as áreas que necessitam de uma intervenção e mitigar processos erosivos. Existem alguns modelos para determinar a erosão potencial do solo, porém nesta dissertação foi utilizada a equação universal de perda de solo (USLE) pela facilidade e grande citação na bibliografia relacionada ao tema erosão.

A principal contribuição deste trabalho é elaborar mapa da erosão potencial do município de Londrina, utilizando os fatores da equação universal de perda do solo. O estudo da erosão potencial, além de contribuir para uma compreensão dos problemas ambientais e dos processos erosivos bem como suas consequências.

### **3 OBJETIVOS**

A dissertação foi realizada com o objetivo de determinar e mapear a erosão potencial no município de Londrina, Paraná, Brasil.

Os outros objetivos foram determinar e analisar a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, comprimento da encosta e declividade no município, utilizando-se destes na elaboração de uma coleção de mapas para avaliar a distribuição de indicadores de fragilidade do solo.

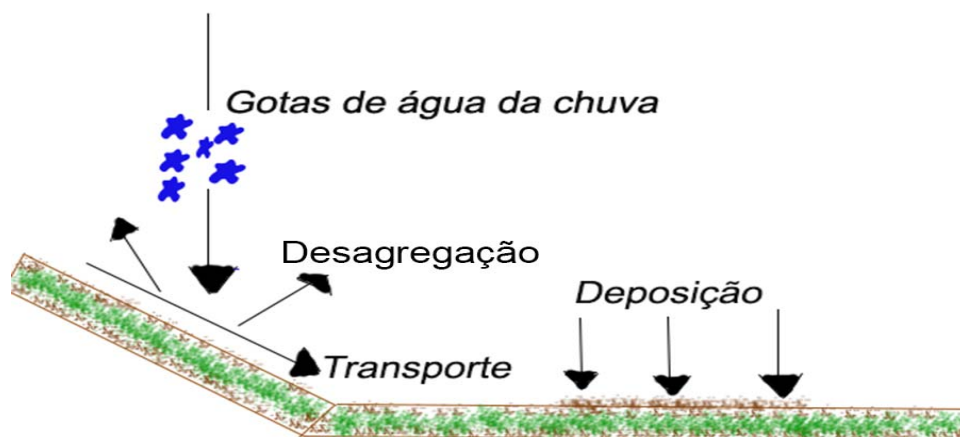
## 4 MATERIAL E MÉTODO

### 4.1 EROSÃO

A erosão antrópica ou acelerada existiu desde que o homem deixou de ser nômade e começou a cultivar lavouras. Deixou de ser um processo geológico e pedogenético e passou a ser um processo de degradação de solo e recursos hídricos.

Segundo Morgan (1986) erosão do solo é um processo de três fases: a primeira fase consiste na desagregação de partículas individuais da massa; a segunda fase corresponde ao transporte por agentes erosivos como a água e o vento; a deposição das partículas é a terceira fase e ocorre quando a energia é insuficiente para o transporte dessas partículas. A Figura 1 ilustra as fases de erosão do solo.

**Figura 1** - Modelo conceitual de erosão do solo, ilustrando as três fases do processo.



**Fonte:** Adaptado de Morgan (1986).

Para Guerra, Silva e Botelho (2010) a erosão do solo é a remoção das suas camadas superficiais pelas ações do vento e da água. A erosão envolve um processo de destacamento iniciado por forças de arrasto, de impacto ou de tração, agindo nas partículas individuais da superfície dos solos, em seguida, pelo processo de transporte dessas partículas e a deposição das partículas erodidas.

A chuva, devido a sua energia cinética, causa um impacto no solo, e ao mesmo tempo, faz saltar partículas do solo que se desagregaram. Estas

partículas, ao voltarem à superfície do solo, encontram uma película de água, a qual começa a transportar as mesmas. As gotas de água da chuva, cujo tamanho varia ao cair ao solo, atua como elemento de impacto.

Estas partículas soltas são facilmente arrastadas pela lâmina de água que existe na superfície do solo. Este fenômeno é facilmente observado por ocasião da chuva, quando estas partículas que saltam são levadas pela enxurrada.

#### 4.2 FATORES CAUSADORES DA EROSIÃO

Derpsch et al. (1991) tem o entendimento de erosão do solo como todas as manifestações de desgastes e acúmulos que alteram o equilíbrio da paisagem acima de um limite naturalmente admissível. Estas manifestações são provocadas pelo homem e efetivadas pela ação da água, do vento e da força da gravidade.

Em uma análise sucinta do processo, segundo Morgan (1986) existem quatro fatores que condicionam os processos erosivos: a erosividade da chuva, a declividade, comprimento da encosta, a erodibilidade do solo, uso e manejo do solo e as práticas conservacionistas.

Estudos realizados no município de Londrina (PR). Na bacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas. Demonstrou que as áreas com maior declividade e com solos pouco desenvolvidos foram as que apresentaram maior no potencial erosivo, e também, maior fragilidade dos solos foi o que motivando a degradação (CAMPOS, STIPP; STIPP, 2009).

Guerra (2005) estudou o potencial natural erosivo da microbacia do Ribeirão Taquara localizado entre os municípios de Londrina, Apucarana, Arapongas, Tamarana, Marilândia do sul e Califórnia, localizados no norte do estado do Paraná. Com o objetivo de subsidiar os projetos de planejamento ambiental e de uso do solo, o autor utilizou a USLE com o apoio do Sistema de Informação Geográfica. Avaliou os fatores de erosividade, erodibilidade e fator topográfico. Os resultados mostraram que os índices de erosividade eram elevados, principalmente durante o verão. Assim, nota-se que, erosividade e erodibilidade são aspectos que devem ser considerados com destaque para essas pesquisas no município de Londrina.

#### 4.3 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

Segundo Honda et al. (2004) a utilização de modelos matemáticos tem sido uma ferramenta poderosa para a análise integrada dos diversos fatores ambientais, destacando entre elas a USLE conhecida no Brasil como Equação Universal de Perdas de Solo cujas bases foram primeiro lançadas por Wischmeier e Smith (1978). Esta equação relaciona de forma diretamente proporcional, todos os fatores que influenciam a erosão acelerado dos solos, com o objetivo de prever as perdas de solo que podem ocorrer sob determinada forma de manejo.

Como descrito no item 4.2, a chuva é o fator climático mais importante na erosão do solo. A erosividade influencia o processo de desagregação do solo e expressa a energia cinética contida na gota de chuva que toca o solo. A Equação Universal de Perda de Solos ou a Universal Soil Loss Equation (USLE) é um modelo de estimativa de erosão amplamente utilizado segundo Caviglione (2010).

Essa equação foi iniciada em 1954 no National Runoff and Data Soil Loss Center pela Agricultural Research Service em colaboração com a Universidade de Purdue (EUA). A esta equação foram incorporadas informações de pesquisa dos últimos 40 anos (Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE), e revisada o modelo proposto por Wischmeier e Smith (1978), sendo aprimorada para melhorar a sua capacidade de previsão (RENARD et al., 1997).

A Equação Universal de Perda de Solo (Universal Soil Loss Equation - RUSLE) é dada pela equação a seguir:

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

Onde:

A= perda de solo ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ );

R= fator de erosividade ( $MJ\ mm^{-1}\ ha\ h\ ano$ )

K= fator de erodibilidade ( $t\ ha\ h^{-1}\ ha\ MJ\ mm$ )

L= fator comprimento da encosta (adimensional)

S= fator declividade (adimensional)

C= fator de preparo e cobertura do solo (adimensional)

P= fator de práticas conservacionistas (adimensional)

A equação universal de perda do solo precisa de uma adaptação de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região onde será aplicada. No Brasil, Bertoni e Lombardi Neto (1990) realizaram a adaptação da Equação Universal de Perda de Solos para o estado de São Paulo. Esta equação é empregada no cálculo da erosividade dos trabalhos realizados no estado do Paraná (WALTRICK, 2010). A utilização adequada da equação universal de perda de solo só é possível, quando os seus parâmetros são determinados para as condições edafoclimáticas da região e, ou, local onde será aplicada (ALBUQUERQUE et al., 1998).

Para a correta utilização da USLE, Silva et al. (2010) ressaltam a importância do fator R representar o mais fielmente possível a erosividade média anual de uma região. Para obter-se um fator R confiável estima-se que sejam necessários de 10 a 20 anos de coleta de dados.

Rufino, Biscaia e Merten (1993) realizaram estudo para determinar a erosividade das chuvas no Paraná e desenvolveram um método para estimá-la com simplicidade e rapidez. Os autores utilizaram dados pluviométricos de 1972 a 1989 e determinaram o coeficiente de chuva e a potencialidade erosiva. Em base nestes resultados o estado do Paraná foi dividido em oito regiões. Com isso, produziram uma equação de modelo linear para cada região. De acordo com os autores, Londrina situa-se na região 4 do estado do Paraná, como ilustra a figura 2. Portanto, para determinar o potencial erosivo da chuva no município de Londrina utiliza-se a seguinte equação:

$$R = 16,73 + 4,02(p^2/P)$$

Onde:

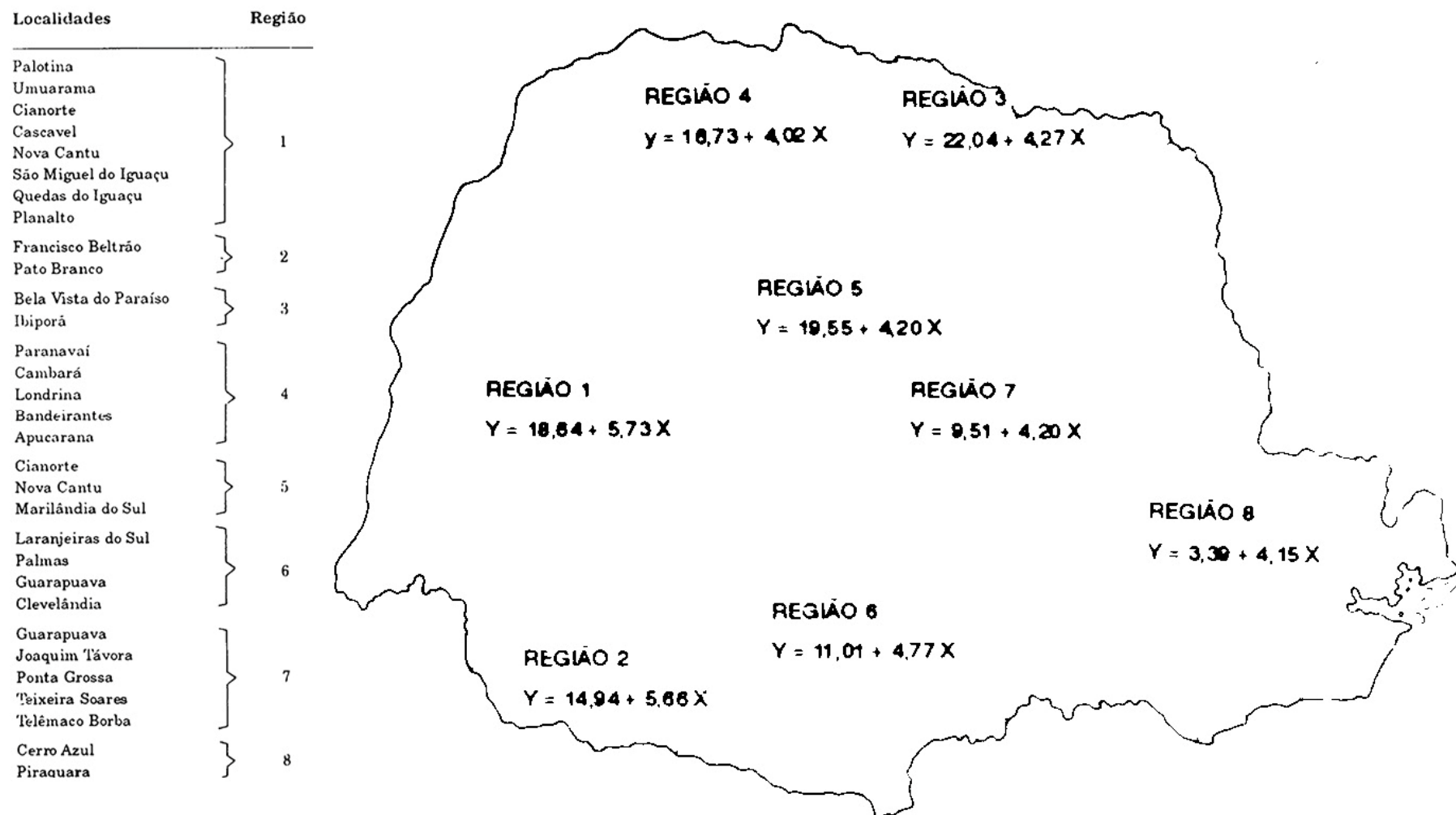
$R$  = Fator de erosividade das chuvas em MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

$p$  = Média mensal de precipitação em mm;

$P$  = Média anual de precipitação em mm;

Para a adequada utilização da Equação Universal de Perda de Solo como modelo de predição do fator  $R$ , recomenda-se que sejam utilizados os registros pluviográficos de chuvas coletados no período de 20 a 30 anos (CASSOL et al., 2008).

**Figura 2** - Regiões paranaenses com as respectivas equações do fator de erosividade em MJ mm ha-1 h-1 ano-1.



Fonte: Rufino, Biscaia e Merten (1993).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) o fator S é a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solo correspondentes de uma parcela de 22 m de comprimento com 9% de declive.

Pinheiro e Cunha (2012) sugerem que, para o entendimento da erosão do solo causada pelo escoamento superficial de água, o fator L e S é fundamental. Os autores sugerem que o cálculo deste fator é essencial no caso de planejamento ambiental buscando adequar o uso do solo e possibilitando a redução de impactos ambientais, com ganhos na esfera econômicos e a conscientização social.

A topografia do terreno representada pela declividade e pelo comprimento dos lançantes exerce acentuada influência sobre a erosão. O tamanho e quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade é uma resultante do comprimento do lançante e do grau de declive do terreno (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Segundo Bastos, Milititsky e Gehling (2000) a erodibilidade do solo pode ser definida de forma mais específica como: "Razão de erosão dos solos, dada por uma quantidade K, quantificada como a perda de um lote unitário de solo não cultivado de 22 m de extensão, posicionado numa encosta plana de 9% de declividade.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

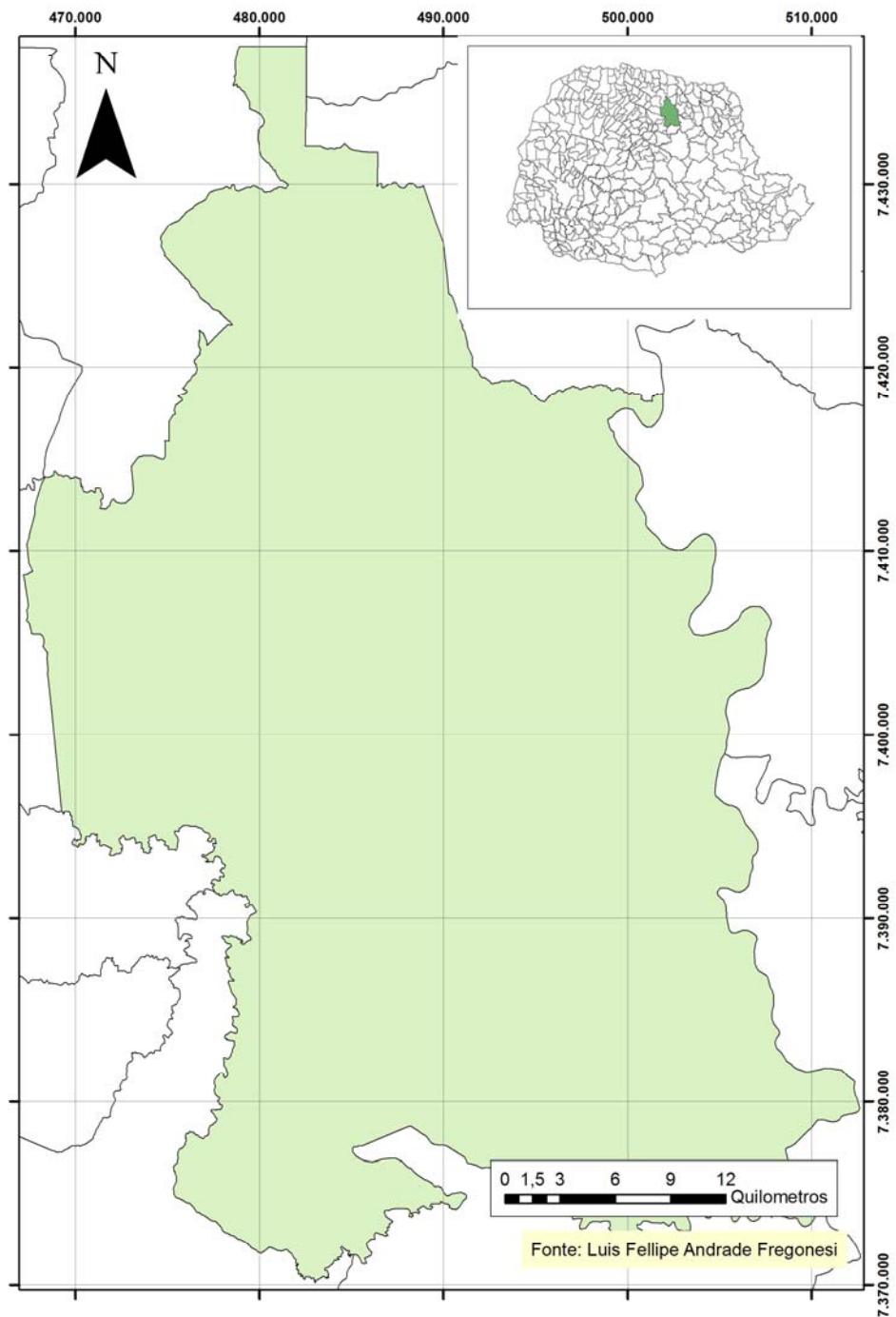
Foi estudado o município de Londrina, situado na região Norte do Estado do Paraná, Brasil. A Figura 2 mostra o mapa político administrativo do município de Londrina com a sua localização no estado.

A cidade Londrina esta localizada nas seguintes coordenadas geográficas: 23°18' 36 S, 51°9'46" W. A altitude no município esta entre, 690 e 425 m.

O município de Londrina possui 1.650,89 km<sup>2</sup>, inserido na Bacia do rio Tibagi. Os solos do município são de origem basáltico, apresentando intensa atividade agrícola, composta por culturas anuais de verão e de inverno, com cultivo totalmente mecanizado e também culturas perenes e pastagens.

Segundo a classificação de Koppen, Londrina apresenta um clima subtropical (*Cfa*) úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro (verão), contudo sem estação seca definida (INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E FLORESTA, 1987).

**Figura 3** - Mapa político-administrativo do município de Londrina e sua localização no estado do Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

## 5.2 OBTENÇÃO DOS DADOS, MATERIAIS E PROGRAMAS

Os dados utilizados foram obtidos de fontes diversas e descritos a seguir:

### 5.2.1 Dados de Precipitação Pluviométrica

Para a determinação da erosividade no município de Londrina foram utilizados dados de precipitação pluviométrica de sete estações meteorológicas. Esses dados foram fornecidos pelo IAPAR e IA. Na Tabela 1 são informados os nomes das estações meteorológicas, os municípios onde estão localizadas, as coordenadas geográficas, o período e o número total de anos, os quais foram utilizados nesta pesquisa.

**Tabela 1** - Estações meteorológicas, a localização geográfica, os períodos e o total de anos utilizados para os cálculos da erosividade do solo no município de Londrina, Paraná, Brasil.

Estações meteorológicas	Municípios	Latitude	Longitude	Período	Total de anos
1- IAPAR	Londrina	-23,3	-51,15	1972 a 2011	39
2- COPEL	Londrina	-23,27	-51,23	1989 a 2009	20
3- Sítio Igreja	Londrina	-23,58	-51,08	1988 a 2011	23
4- Cerro Leão	Assaí	-23,39	-50,92	1976 a 2010	34
5- Arapongas	Arapongas	-23,4	-51,43	1976 a 2011	35
6- Califórnia	Califórnia	-23,65	-51,35	1976 a 2011	35
7- Ibiporã	Ibiporã	-23,27	-51,02	1976 a 1998	22

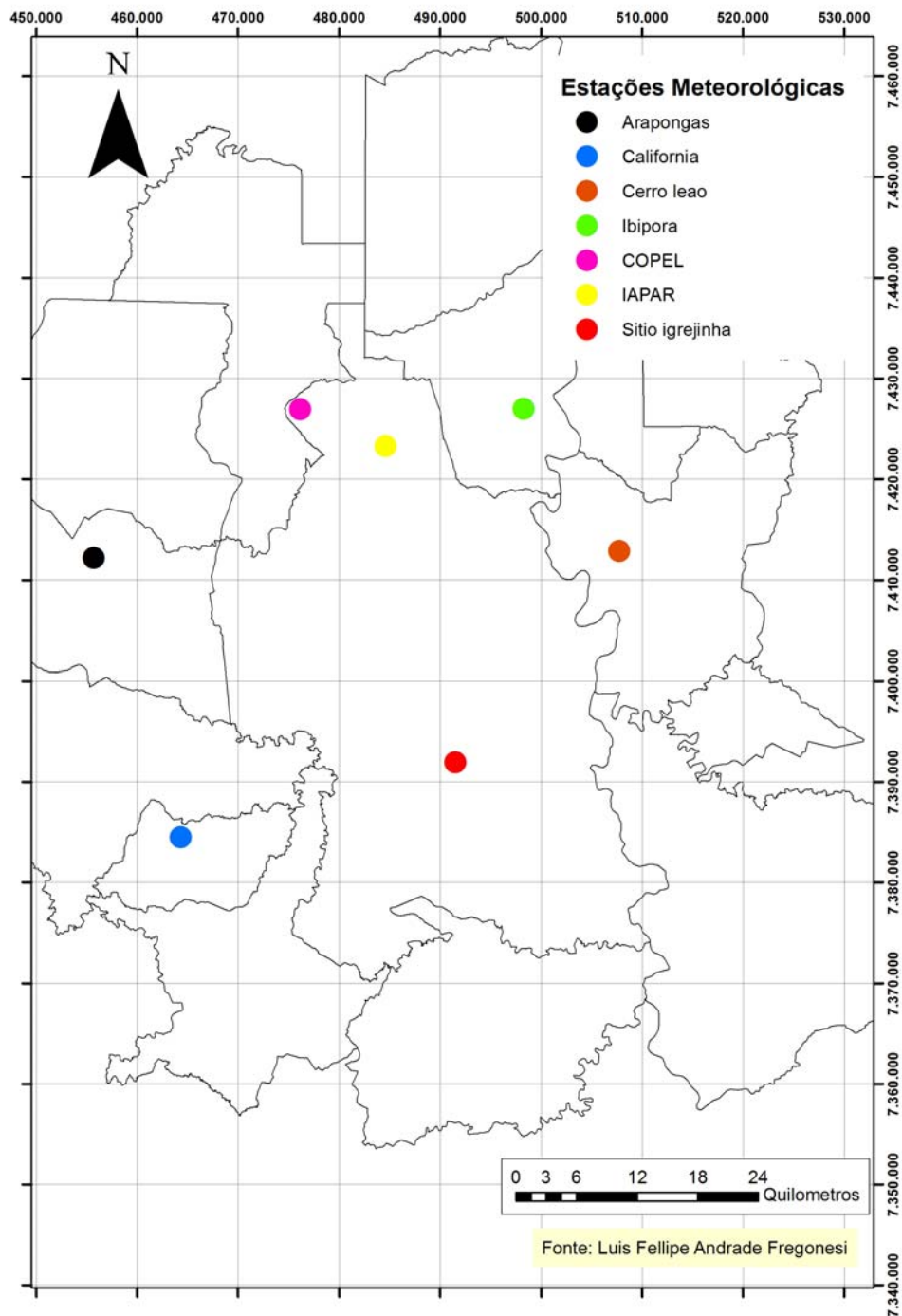
**Fonte:** Do próprio autor.

Foram coletados os dados de outras estações meteorológicas. No entanto, estas estações tinham uma ausência de dados completos no período contínuo de 20 anos, estipulado para este tipo de pesquisa. Essas estações apresentavam deficiência de informações de precipitações em um ou mais meses, e, portanto, estes dados não foram utilizados, por não apresentarem consistência ou confiabilidade.

A Figura 3 mostra a localização das estações meteorológicas no município de Londrina (IAPAR, COPEL e Sítio Igreja), nos municípios limítrofes

(Ibiporã, Bela vista do paraíso) e nos demais que não fazem divisa (Arapongas, Califórnia, e Assai), mas que estão situados muito próximos, menos de 250 km

**Figura 4** - Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo.



Fonte: Do próprio autor.

Embora algumas estações meteorológicas não fossem localizadas no município de Londrina, dados dessas estações permitiram obter uma faixa ampla e regular em torno da área de estudo. Para a montagem dos mapas de erosividade do solo é necessário um número mínimo de 20 anos de dados pluviométricos na área de abrangência do município em estudo.

### 5.2.2 Dados Topográficos

Os dados topográficos utilizados para calcular o fator topográfico, denominado L.S, foram obtidos das informações disponibilizadas pela NASA no *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90 m.

### 5.2.3 Mapa Divisão Politico-Administrativa do Estado do Paraná

O arquivo do mapa de divisão político-administrativo do estado do Paraná foi obtido em formato *shapefile* (shp), no site do Instituto de Terras Cartografia Geociências (ITCG).

### 5.2.4 Mapas de Solo do Estado do Paraná

O mapa de solo do estado do Paraná foi obtido no site do ITCG, no formato *shp* que foi digitalizado no levantamento de solos do Paraná.

### 5.2.5 Programas Computacionais

Para todos os cálculos foi utilizado o programa de computador Excel, Microsoft Excel 2003 da Microsoft Corporation®. Os mapas foram confeccionados utilizando-se do programa ESRI Arcgis Arcmap®.

### 5.2.6 Determinação da Erosividade da Chuva

Para calcular a erosividade foram empregadas as seguintes etapas: a tabulação dos dados, o emprego das equações e a confecção dos mapas. Assim foram seguidas as seguintes etapas:

Os dados de precipitação pluviométrica coletados nas sete estações meteorológicas (Tabela 1) estavam em arquivo de formato Texto (.txt) e foram importados para o Excel, iniciando-se a criação de um banco de dados e quando os dados são importados para o Excel eles ficam em coluna. Assim, no Excel foi utilizada a opção de conversão do texto para coluna.

Para determinar o potencial erosivo da chuva, no município de Londrina, utilizou-se a equação de modelo linear proposta por Rufino, Biscaia e Merten (1993) para esta região (região 4), do estado do Paraná, aplicando-se a seguinte equação:

$$R = 16,73 + 4,02(p^2/P)$$

Onde:

$R$  = Fator de erosividade das chuvas em MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>;

$p^2$  = Média mensal de pluviosidade ao quadrado;

$P$  = Média anual de pluviosidade;

Os dados de erosividade foram interpolados, mês a mês e compatibilizados com o mapa geopolítico do município de Londrina.

#### 4.2.7 Determinação do Fator Comprimento da Encosta e Declividade

Os fatores  $L$  e  $S$  que correspondem ao comprimento ( $L=length$ ) e a declividade ( $S=slope$ ) da encosta foram determinados pelo cruzamento dos valores de declividade e comprimento da encosta, utilizando-se a Equação Universal de Perda de Solo e Revisada (RUSLE - *Revised Universal Soil Loss Equation*) (WISCHMEIER, SMITH, 1978).

Para o fator  $L$ , que corresponde ao comprimento da encosta foi utilizada a seguinte equação:

$$L = (\lambda/72,6)^m$$

Onde:

$L$  = Comprimento da encosta

72,6 = Unidade de comprimento em pés da parcela padrão de perda do solo;  
 $m$  = Variável comprimento da encosta expoente;  
 $\lambda$  = Comprimento da encosta em metros.

Primeiramente determinou-se o  $m$  que é a constante dependente da declividade da encosta, pela seguinte equação:

$$m = \beta/(1+\beta)$$

Para determinar os valores de razão do  $\beta$  quando o solo está susceptível a erosão de riacho e entre riachos utilizou-se a equação. O  $\theta$  significa a declividade da encosta, em graus.

$$\beta = (\sin \theta/0,0896)/[3,0(\sin \theta)^{0,8}+0,56]$$

Para o fator  $S$ , que correspondem às declividades, foram utilizadas as seguintes equações:

$$S = 10,8 \sin \theta + 0,03 \quad s < 9\%$$

$$S = 16,8 \sin \theta - 0,50 \quad s \geq 9\%$$

Essas equações não se aplicam quando a encosta apresenta tamanho menor que 4,58 m. Neste caso foi utilizada a seguinte equação:

$$S = 3,0 (\sin \theta)^{0,8} + 0,56$$

As equações para determinar o  $L$ ,  $S$  e a combinação dos dois foram calculadas no programa Arcgis, utilizando a ferramenta dentro do programa chamada de Raster calculator.

#### 5.2.8 Determinação da Erodibilidade do Solo

Para determinar a erodibilidade utilizou-se o mapa de solos do Estado do Paraná elaborada pelo IAPAR e EMBRAPA, obtido no site do ITCG. Por meio do programa Arcgis foi feita a delimitação do município de Londrina e dos

municípios vizinhos, como também foram selecionados somente os solos no município de Londrina.

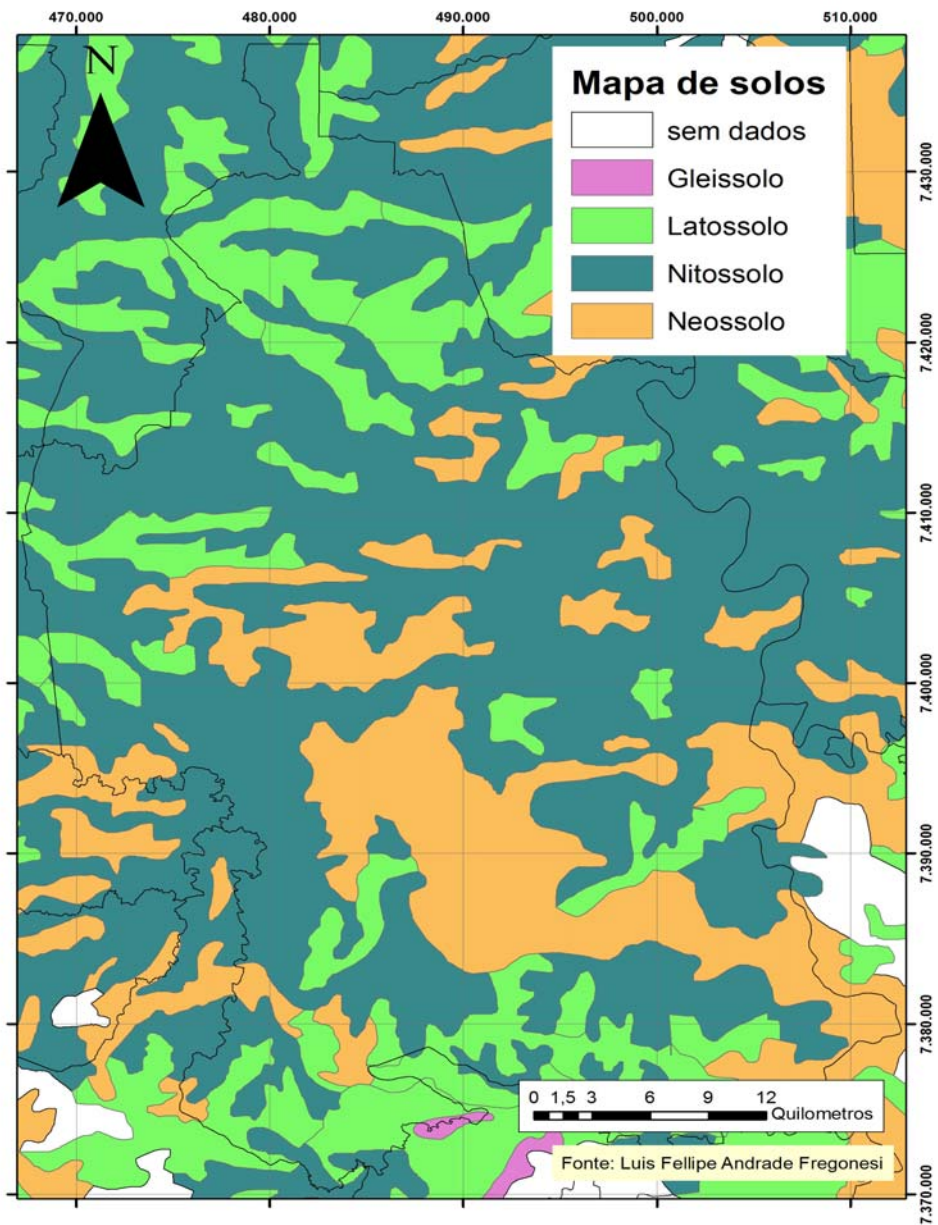
Os valores de erodibilidade foram obtidos por pesquisas bibliográficas como as realizadas por Tomazoni et al. (2005) e Campos, Stipp e Stipp (2009).

**Tabela 2** - Solos no município de Londrina e seus valores de erodibilidade.

Solo	Erodibilidade
Gleissolo	0,07
Latossolo	0,03
Nitossolo	0,04
Neossolo	0,11

**Fonte:** Do próprio autor.

Figura 5 - Mapa de solos do município de Londrina



Fonte: Do próprio autor.

### 5.2.9 Determinação da Erosão Potencial

A determinação da erosão potencial foi por cruzamento dos resultados erosividade, fator topográfico e erodibilidade, com base na RUSLE (R.K.L.S). Com isso não incluiu o fator de uso do solo e cobertura e práticas conservacionistas (C.P), portanto, a erosão potencial considera o solo do município de Londrina sem cobertura vegetal e sem práticas conservacionistas. O resultado final foi determinado pelo Arcgis. O mapa de potencial erosivo é importante para identificar as áreas de fragilidades, pois considera condições iguais.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 EROSIVIDADE

Os resultados de erosividade da chuva foram calculados com base em dados pluviométricos médios de 30 anos, atendendo a premissa para o uso da RUSLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978; BOARETT; SOUZA; WRUCK, 1998; CASSOL et al.; 2008).

Para facilitar o entendimento, a discussão dos dados foi dividida de acordo com as estações do ano, todavia, como os mapas são médias mensais, denominou-se de verão; os meses de Janeiro, Fevereiro e Março; de outono; Abril, Maio e Junho; já para inverno os meses são Julho, Agosto e Setembro; na primavera os meses são Outubro, Novembro e Dezembro.

#### 6.1.1 Verão

O mapa na Figura 5 ilustra a erosividade calculada com dados pluviométricos dos meses de Janeiro, podendo observar que o maior valor é de 2.032 e o menor é de 1.341 MJ mm h ha. Em relação aos outros meses, o mês de Janeiro apresenta maior valor de erosividade. Nos meses de Janeiro, normalmente, apresentam os maiores valores de precipitação pluviométrica no município de Londrina, mostrando que existe uma relação direta entre a quantidade de chuva e erosividade. Nos meses de Janeiro apresentam esses altos índices erosividade, possivelmente, porque a intensa precipitação está associada aos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) que são frequentes nas estações de transição.

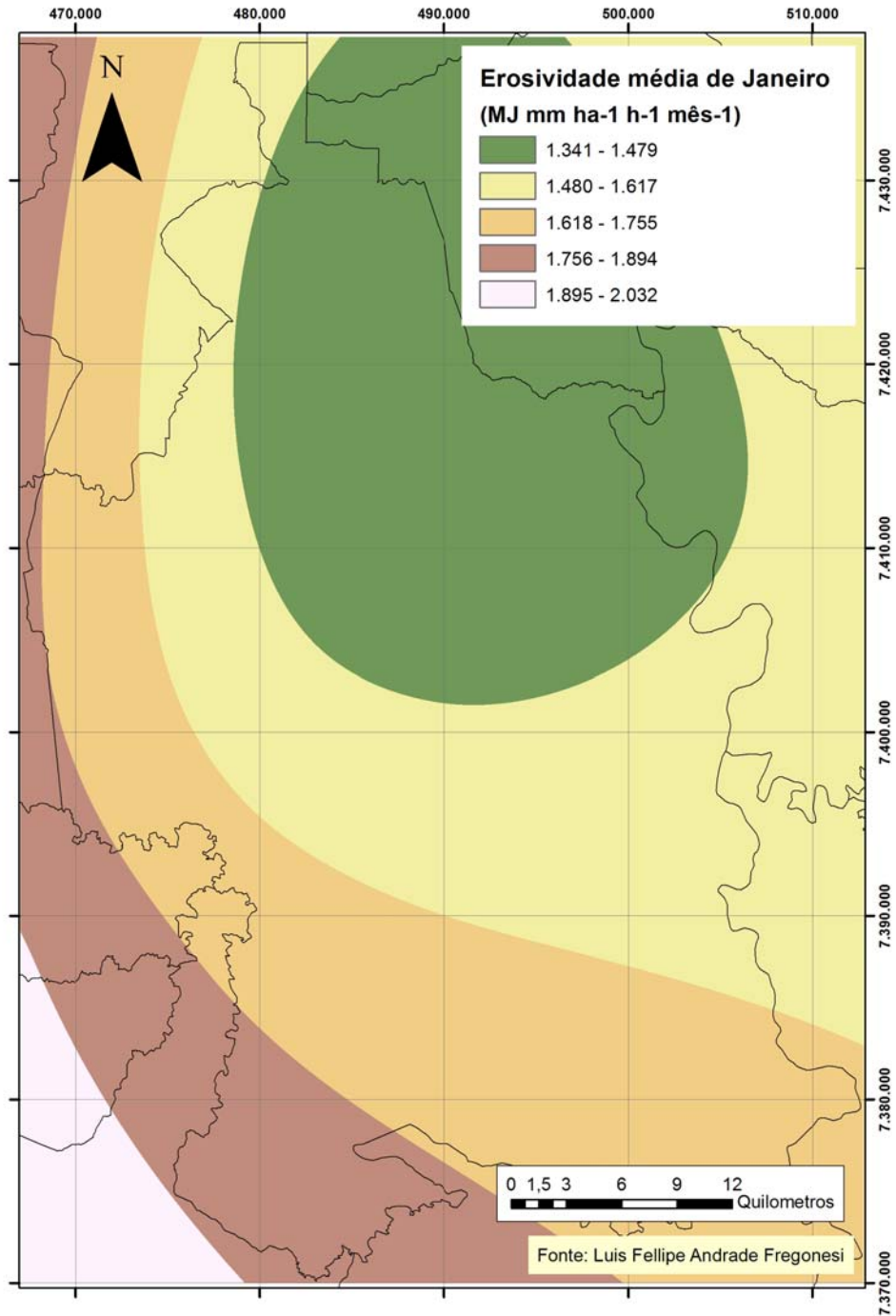
No município de Londrina deve-se ressaltar que predominam as culturas de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays* L.) e no mês de janeiro está em pleno florescimento, mantendo a maioria do solo coberto. Uma boa cobertura de solo significa redução do impacto da gota de chuva e conseqüentemente da erosividade.

A distribuição da erosividade no mapa ilustra os menores valores na região norte do município de Londrina. Na Figura 5 pode-se observar que os valores diminuem no sentido sul do município de Londrina. Vale ressaltar que, o valor menor de erosividade que foi de 1.341 MJ mm h ha, ainda é um índice de erosividade alto em relação aos demais meses do ano.

No mês de fevereiro, no oeste do município de Londrina o comportamento foi similar ao do mês de janeiro, com maiores valores de erosividade, de 1.146 até 1.178 MJ mm ha ano. No sentido leste, os valores de erosividade diminuem onde o menor é entre 893 e 925 MJ mm ha ano. Na Figura 6 pode se observar que, embora nos meses de Fevereiro, apresentam altos índices de erosividade, as ilustrações do mapa demonstram uniformemente os resultados. Razão disso é que os valores da legenda estão muito próximos do menor ao maior, apresentando uma diferença média de 1,3, menor do que a dos meses de janeiro que foi de 1,5 vezes.

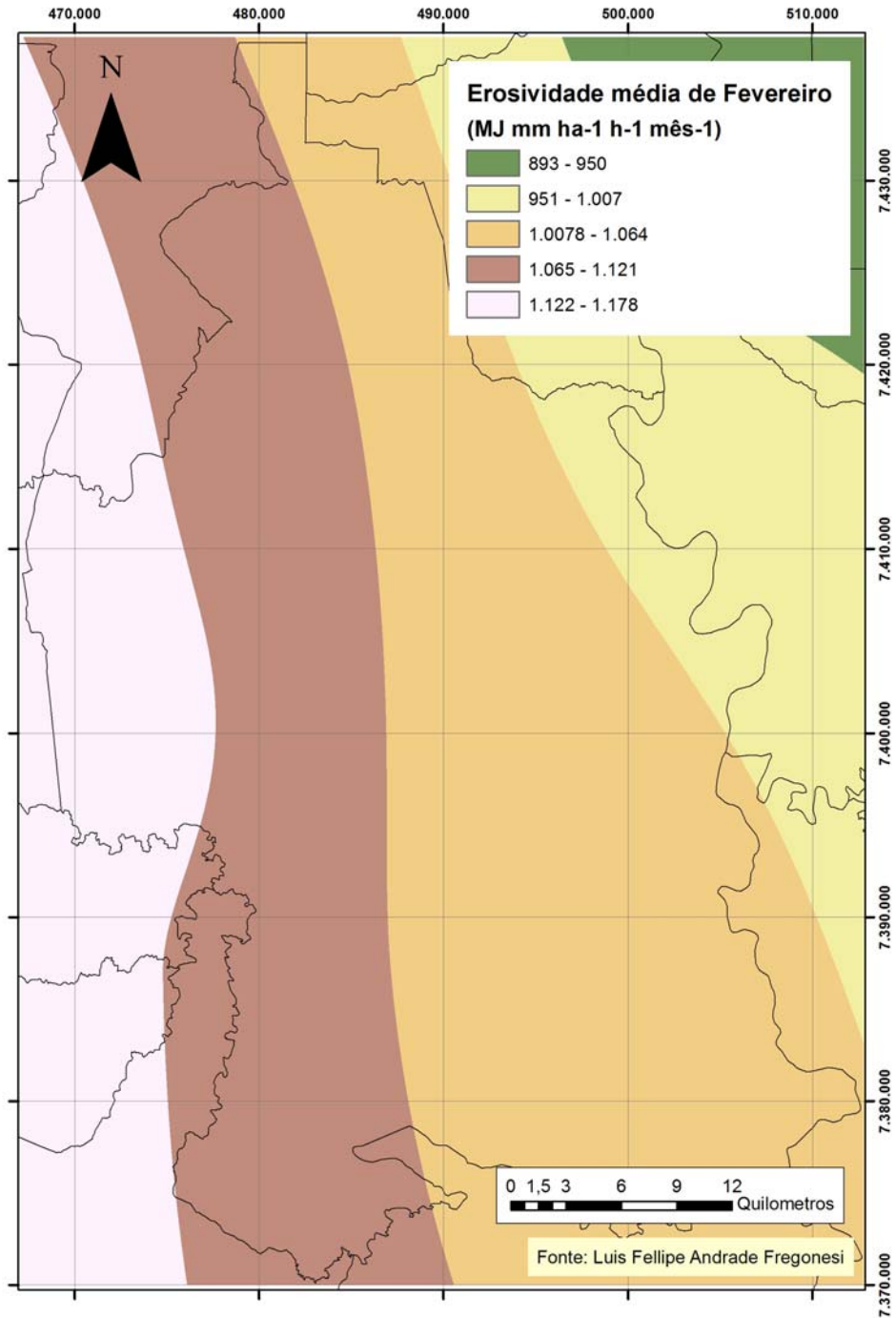
Na Figura 7 ilustra os dados médios calculados para o mês de Março, em que os maiores índices de erosividade do solo concentraram se na região norte do município de Londrina e de forma circular. Comparando este mapa com o do mês anterior (fevereiro) em que os maiores valores de erosividade concentravam se no sentido oeste do município de Londrina, distribuídos de forma longitudinal no sentido norte sul, mas nos meses março os valores foram menores.

**Figura 6** - Mapa de erosividade média de Janeiro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



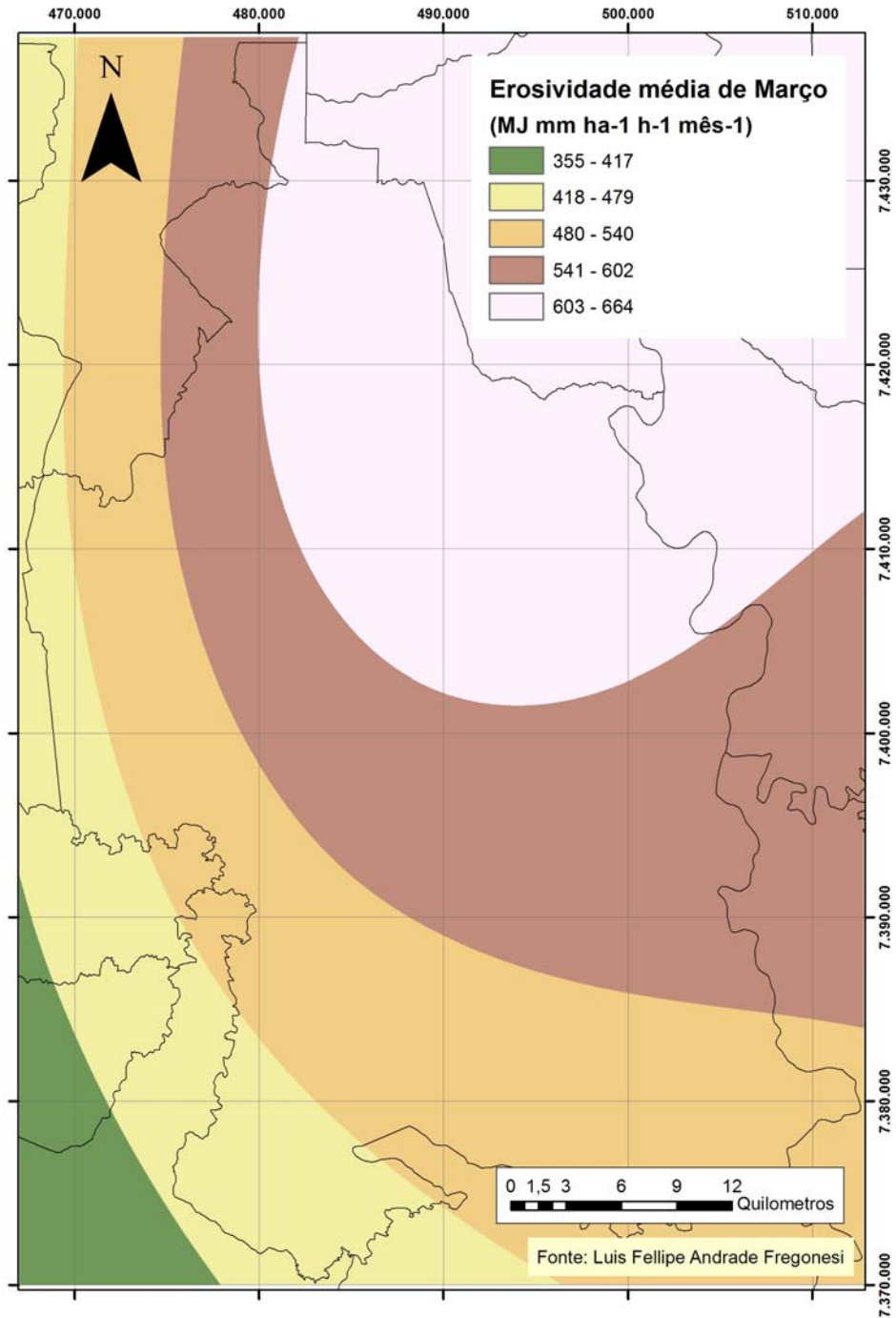
**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 7** - Mapa de erosividade média de Fevereiro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 8** - Mapa de erosividade média de Março para o município de Londrina, Paraná, Brasil



Fonte: Do próprio autor.

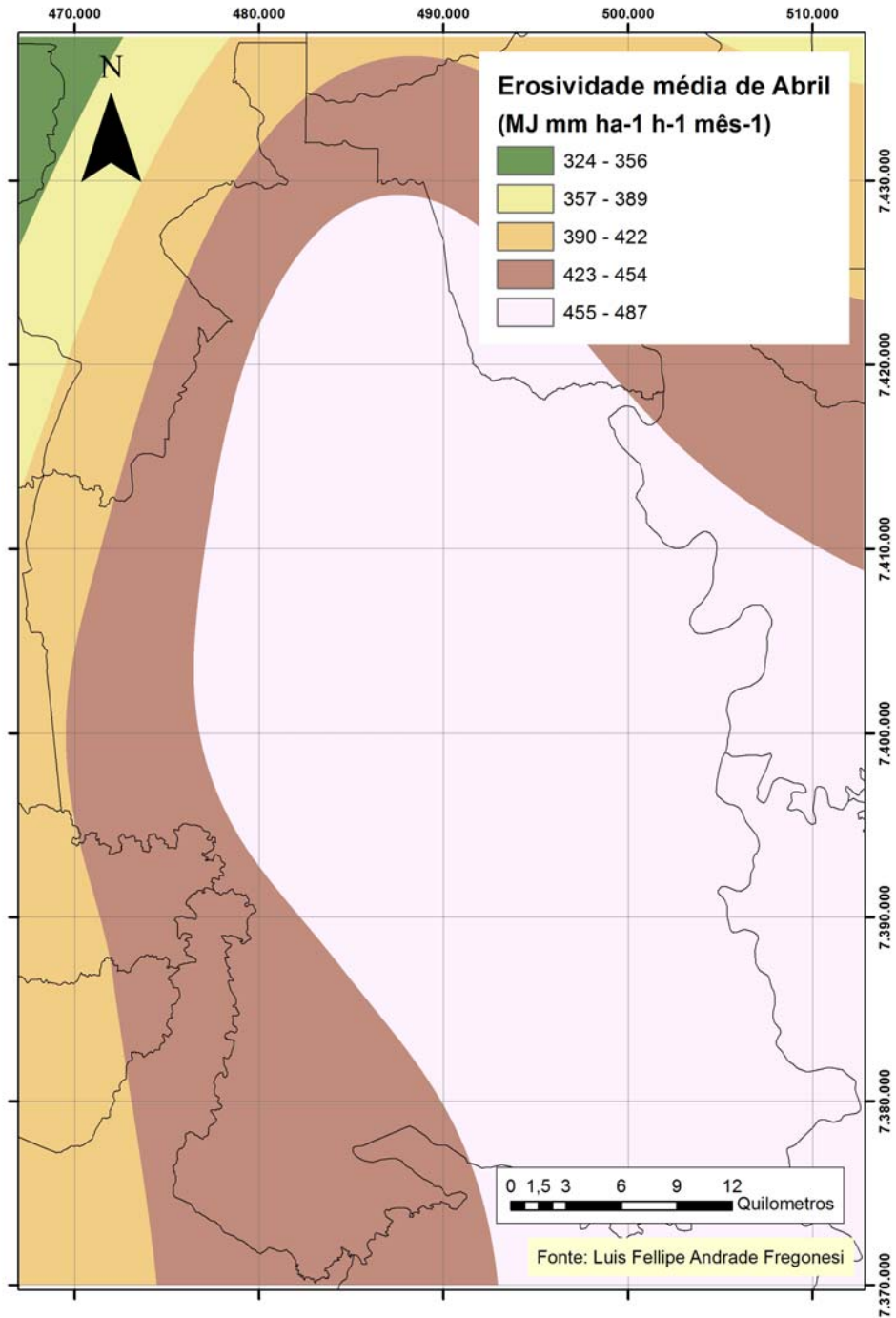
### 6.1.2 Outono

Na figura 8 é apresentado o mapa de erosividade do solo para o mês de Abril no município de Londrina, Paraná, Brasil. Os valores de erosividade calculados com dados pluviométricos de um período médio de 30 anos de dados, verifica se a ocorrência de menores valores de erosividade do solo em relação ao mês anterior.

Na figura 9, nos meses de maio os valores de erosividade foram de 327 a 360 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> representado no mapa pela cor verde aparecem na parte Sudoeste do município de Londrina, Neste período os maiores valores de erosividade foram acima de 591, MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto a predominância na área total foi entre 393 e 492 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

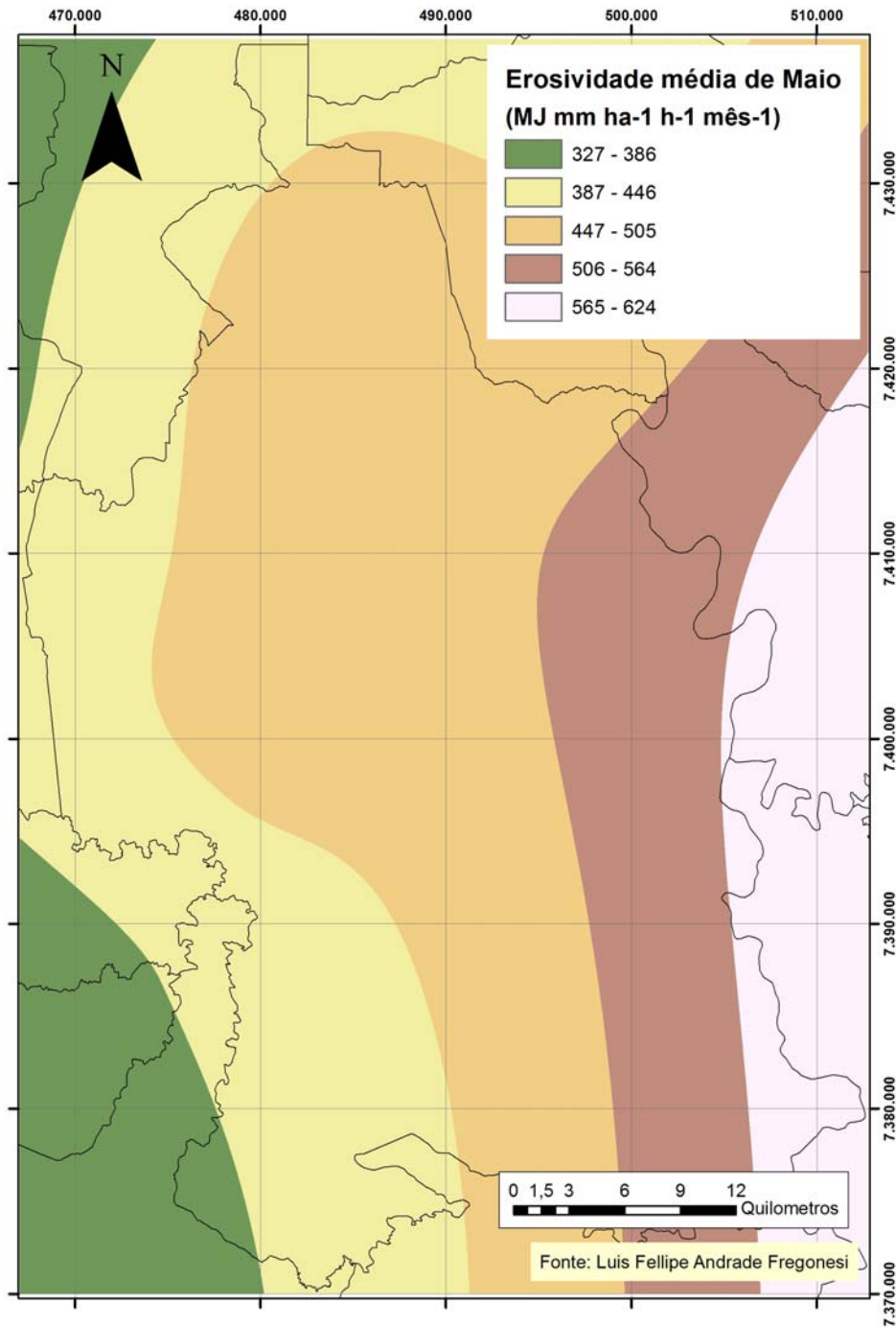
Os dados de erosividade calculados para o mês de junho no município de Londrina, Paraná (Figura 10) mostraram que neste período os valores são menores do que nos meses de maio. Na área do sudoeste as faixas de valores variaram de 291 a 303 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Na maioria das regiões do município os valores foram de 361 a 377 MJ MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

**Figura 9** - Mapa de erosividade média de Abril para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



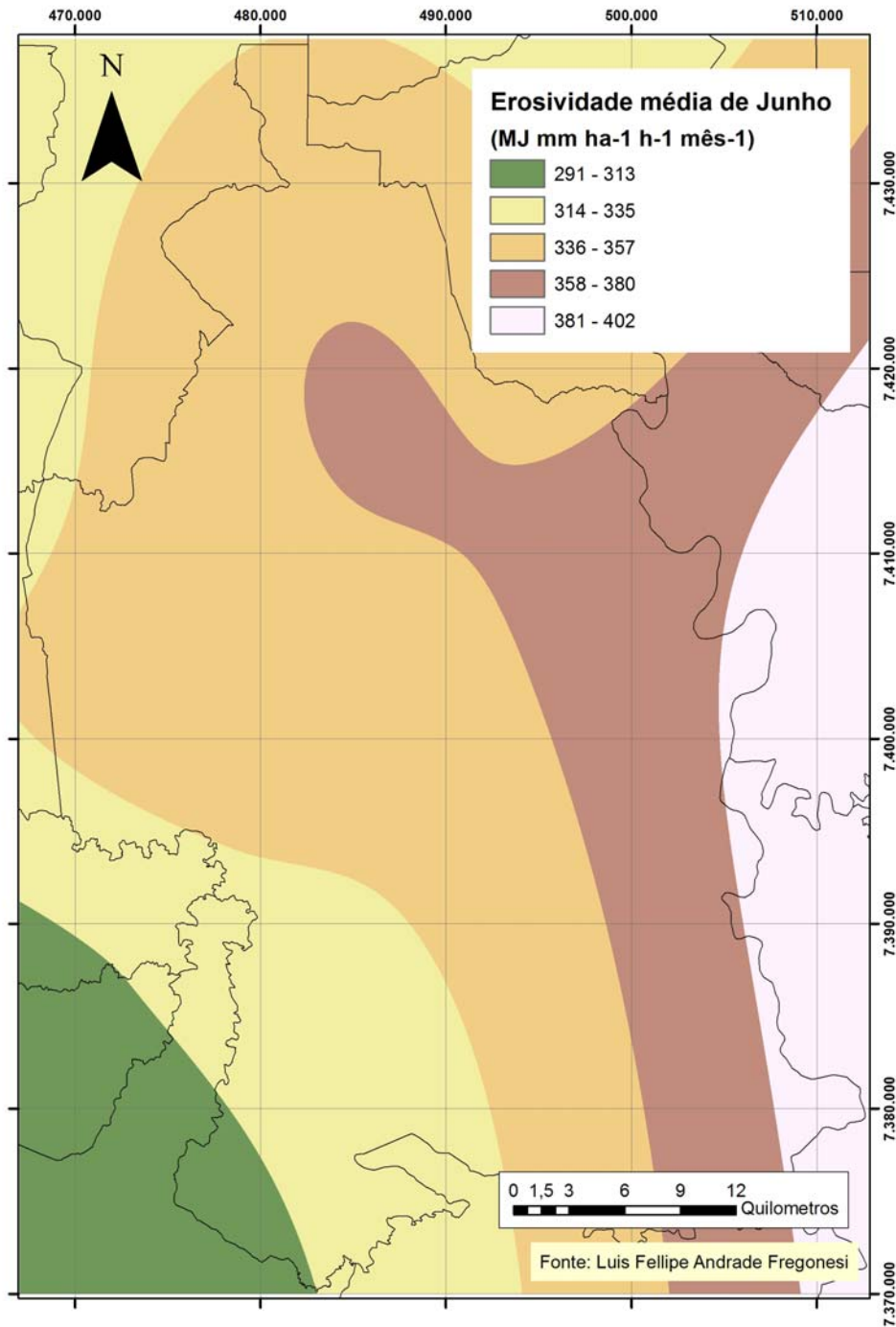
Fonte: Do próprio autor.

**Figura 10** - Mapa de erosividade média de Maio para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 11** - Mapa de erosividade média de Junho para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

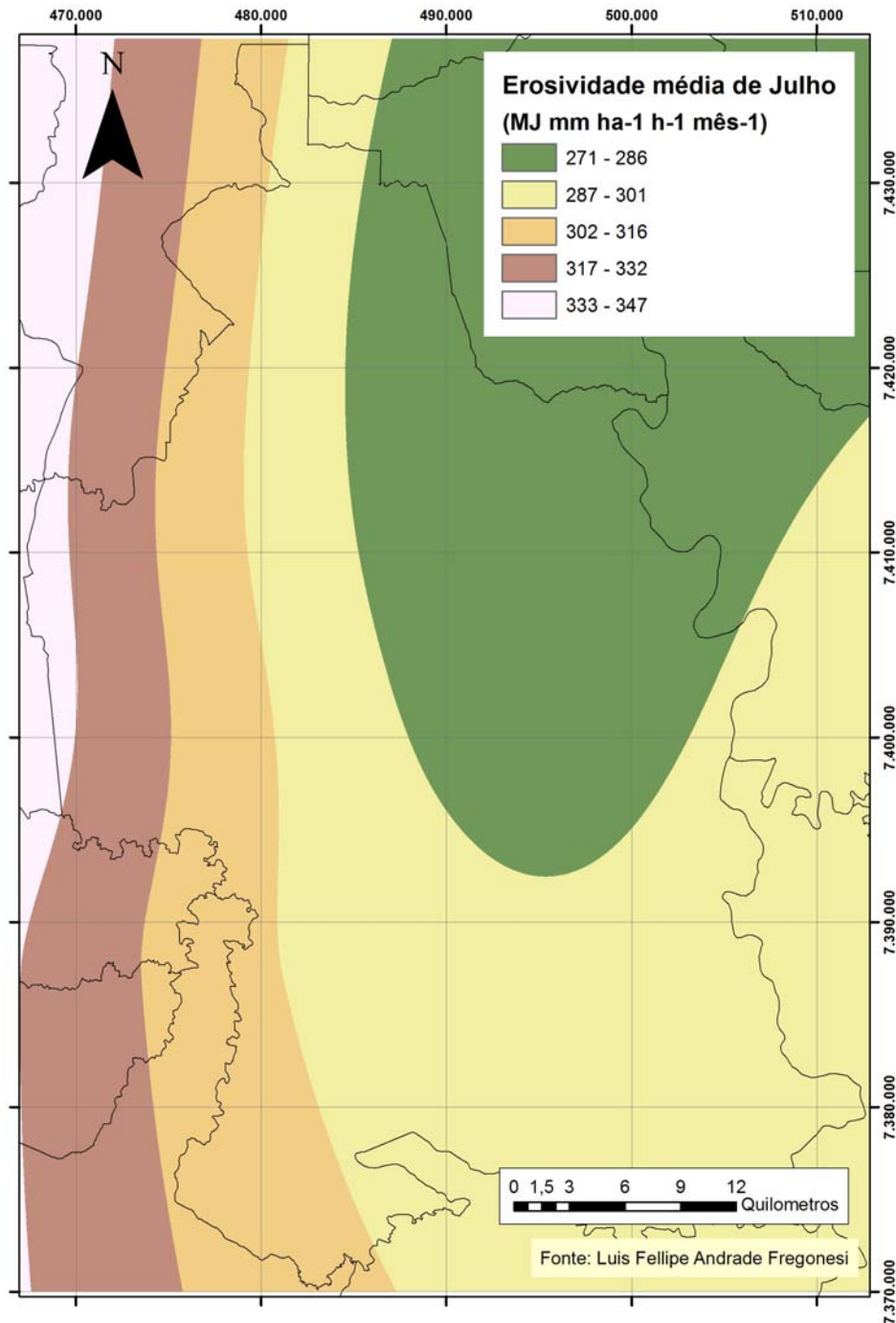
### 6.1.3 INVERNO

Na figura 11 o mapa ilustra a distribuição dos valores da erosividade média no mês de julho e pode se observar que na região norte do município de Londrina, os valores predominantes são na faixa de 271 a 279. Nas demais regiões os valores são de 287 a 296, mostrando menor risco de erosão nesta época devido as chuvas.

A erosividade do solo nos meses de agosto, no município de Londrina foi a menor em relação aos demais meses do ano (Figura 12).

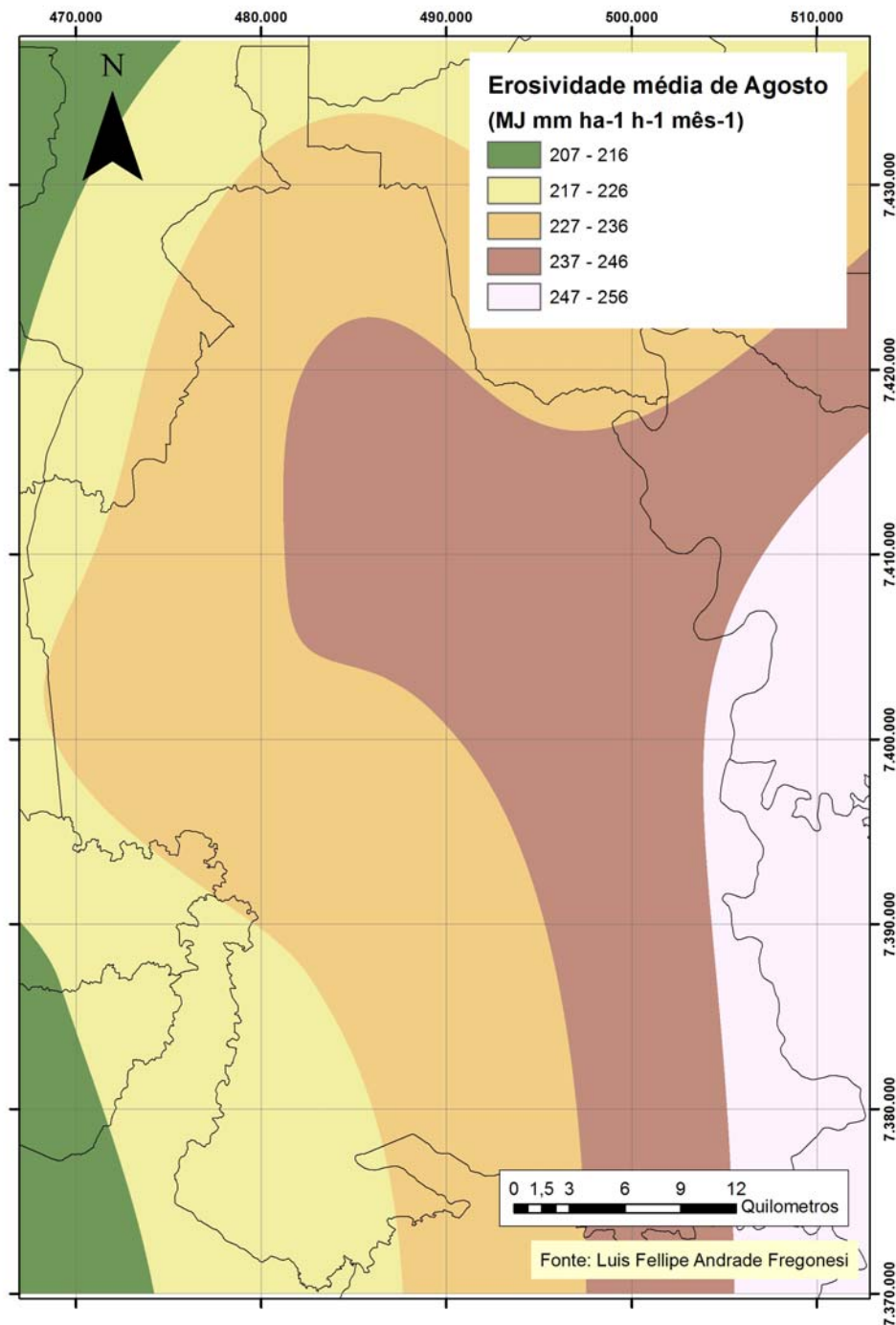
Na figura 13 estão ilustrados no mapa os valores de erosividade nos meses de setembro, mostrando que em relação ao mês de agosto ocorre um aumento. Este resultado reflete o início do período chuvoso na região norte do Paraná. Este é um período de final de início de plantios das culturas de verão, principalmente o milho e a soja, portanto, se o solo fica mais exposto a erosão. O plantio direto e a manutenção de restos da cultura de inverno auxiliam na redução da erosão.

**Figura 12** - Mapa de erosividade média de Julho para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



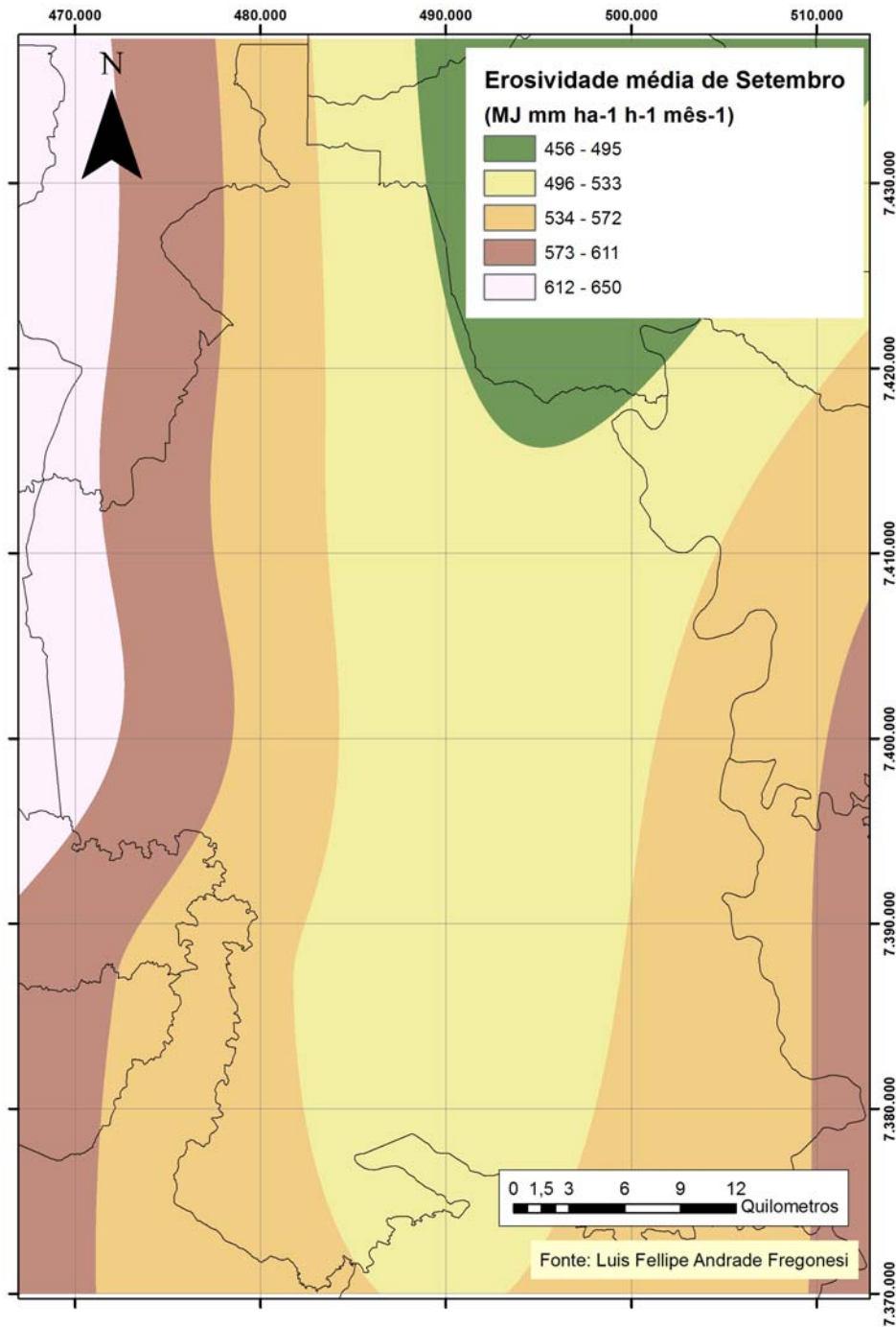
**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 13** - Mapa de erosividade média de Agosto para o município de Londrina, Paraná, Brasil



**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 14** - Mapa de erosividade média de Setembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

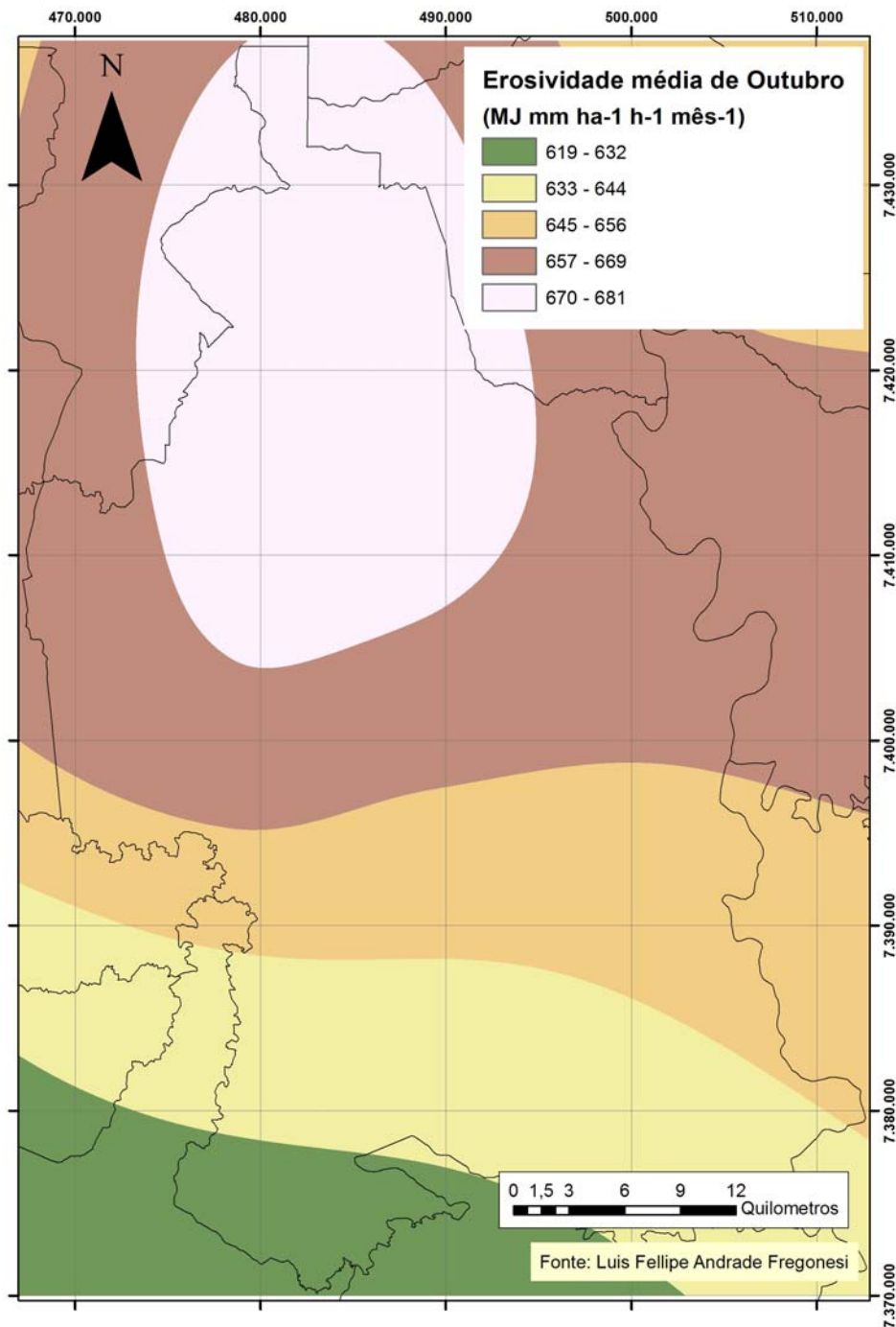
#### 6.1.4 PRIMAVERA

Na figura 14 os valores para o mês de outubro variam de 619 a maiores do que 674 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Os valores de erosividade nos meses de novembro mostram uma maior amplitude, variando de 278 a valores maiores do que 790 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

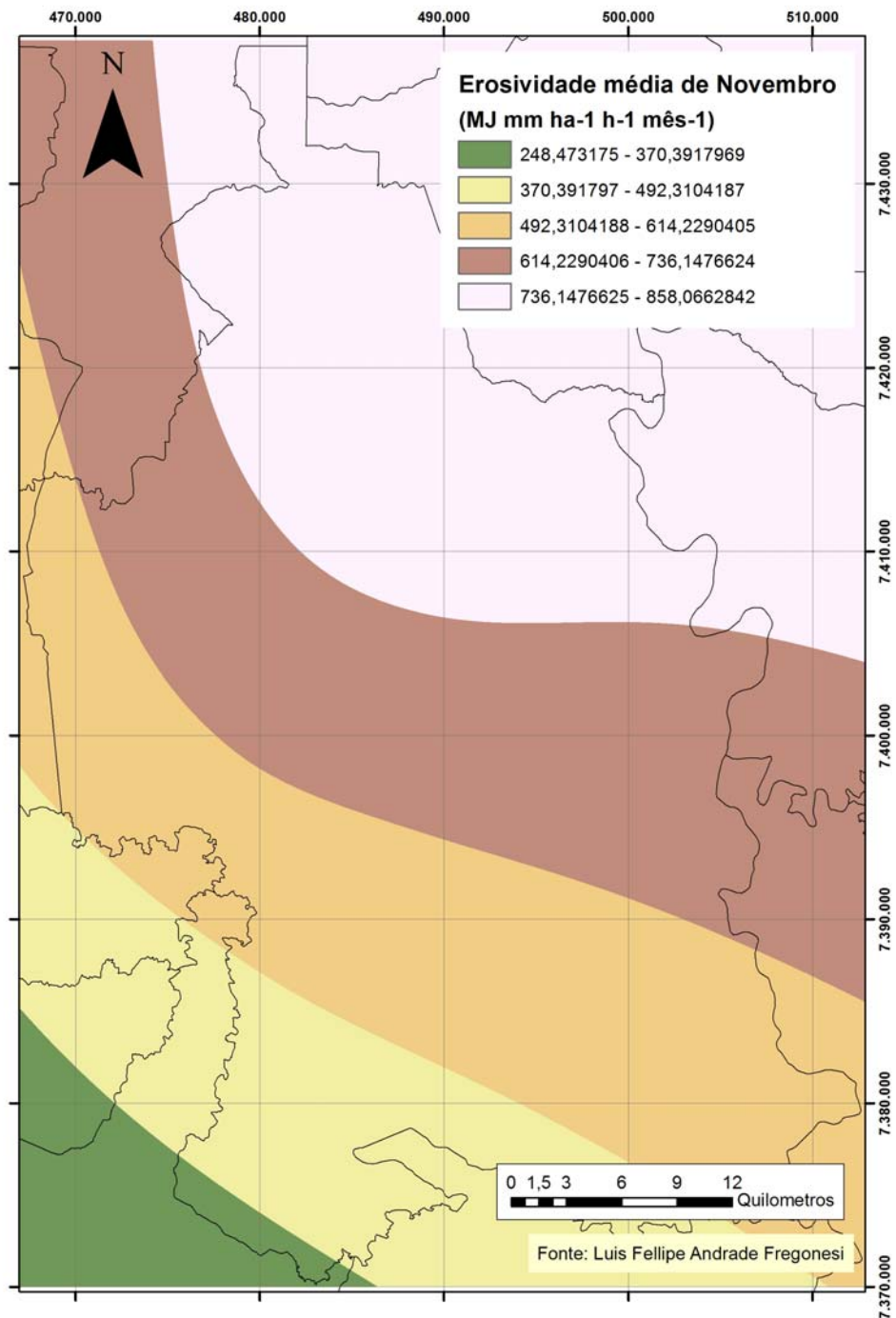
Na figura 16 observa se que, os valores de erosividade no município de Londrina maiores foram acima de 1.126 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e a faixa dos menores ficaram entre 444 a 529 MJ ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No entanto, estes valores foram menores do que os calculados para os meses de janeiro e fevereiro.

**Figura 15** - Mapa de erosividade média de Outubro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



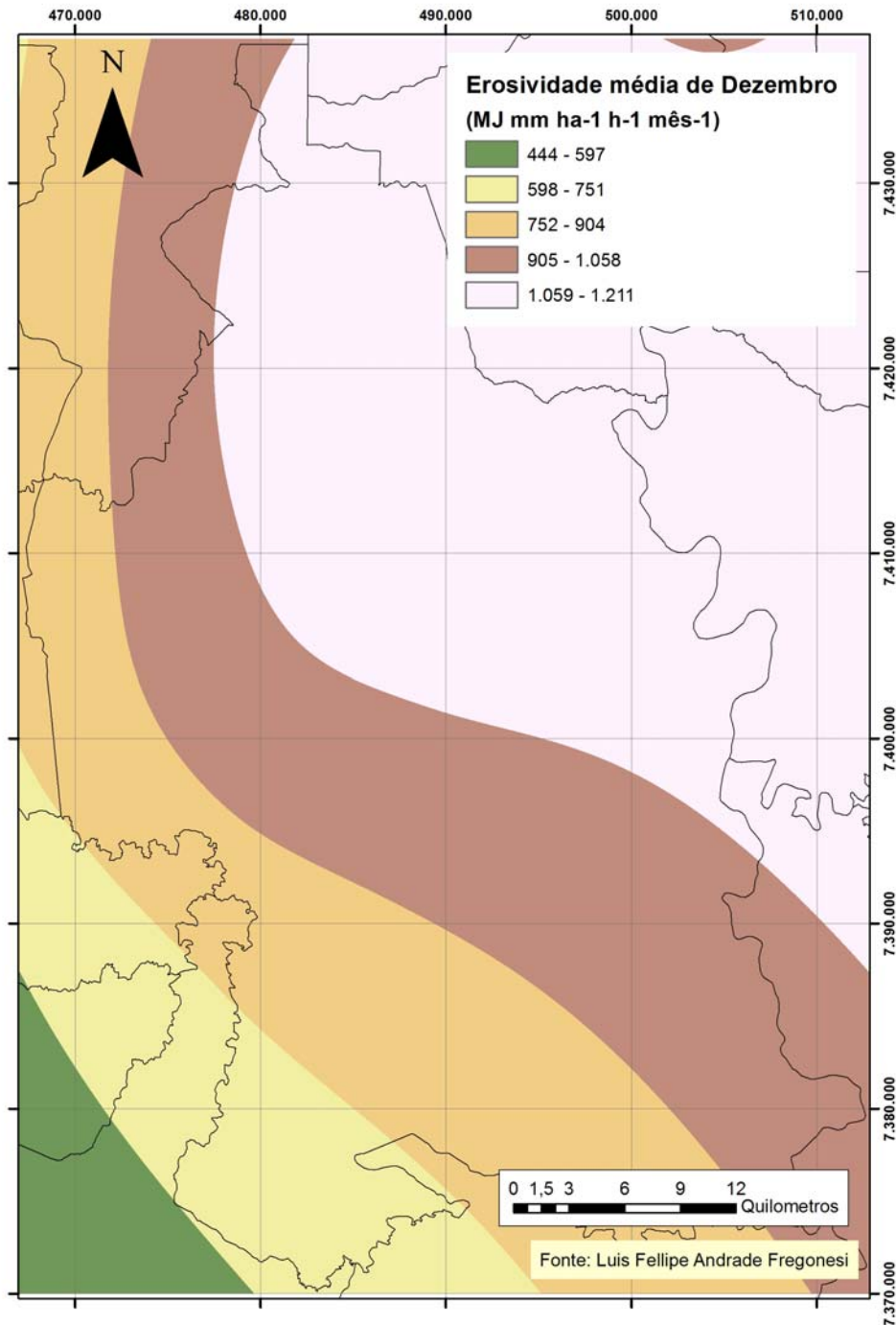
**Fonte:** Do próprio autor.

**Figura 16** - Mapa da erosividade média de Novembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



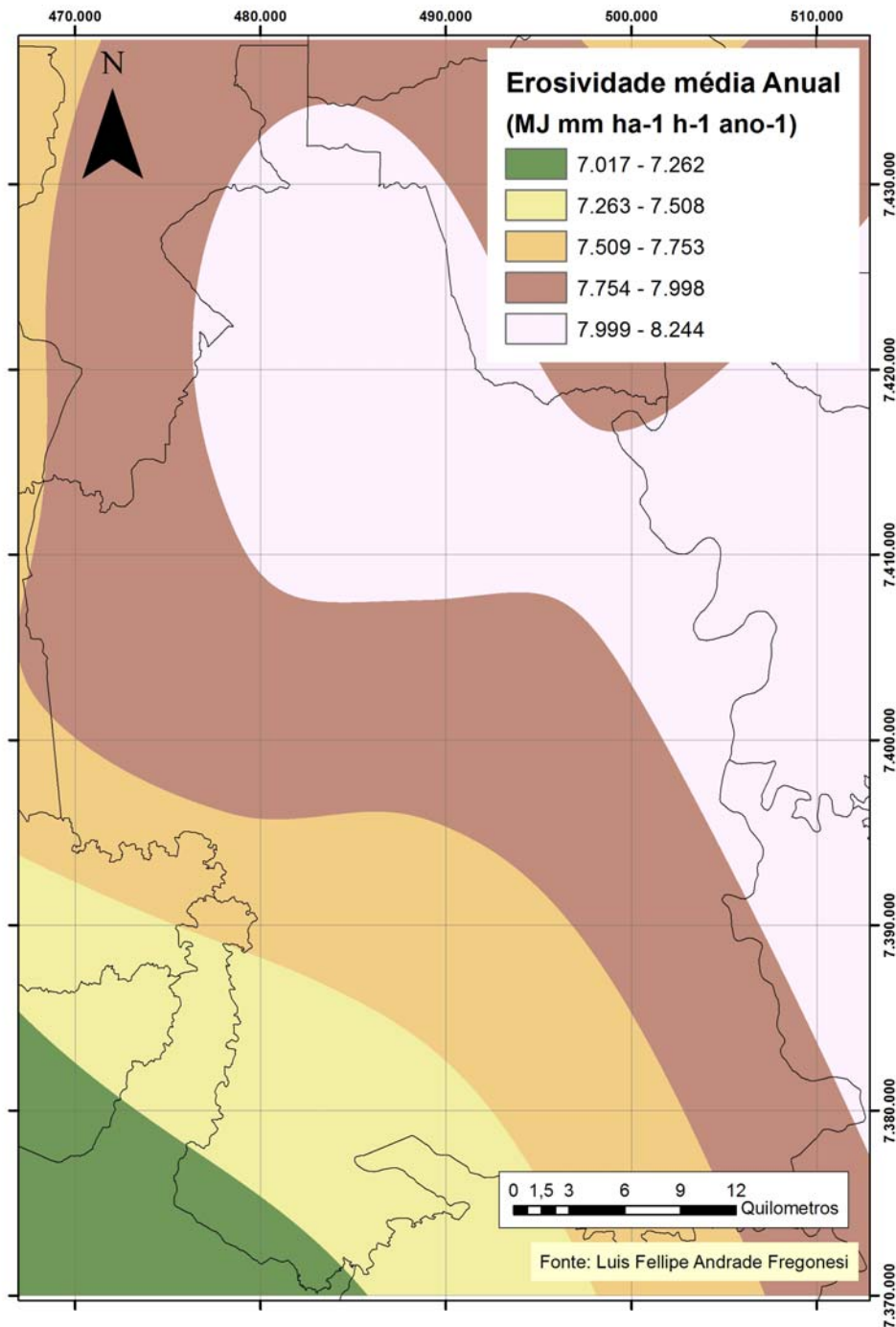
Fonte: Do próprio autor.

**Figura 17** - Mapa da erosividade média de Dezembro para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



**Fonte:** Do próprio autor.

Figura 18 - Mapa de erosividade anual do município de Londrina.



Fonte: Do próprio autor.

### 6.1.5 Erosividade Anual

O mapa com os dados da erosividade anual no município de Londrina está representado na Figura 17, onde os valores são apresentados em MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. No mapa pode-se observar que os maiores valores de erosividade do solo predominam na região norte do município de Londrina, diminuindo os valores no sentido sul.

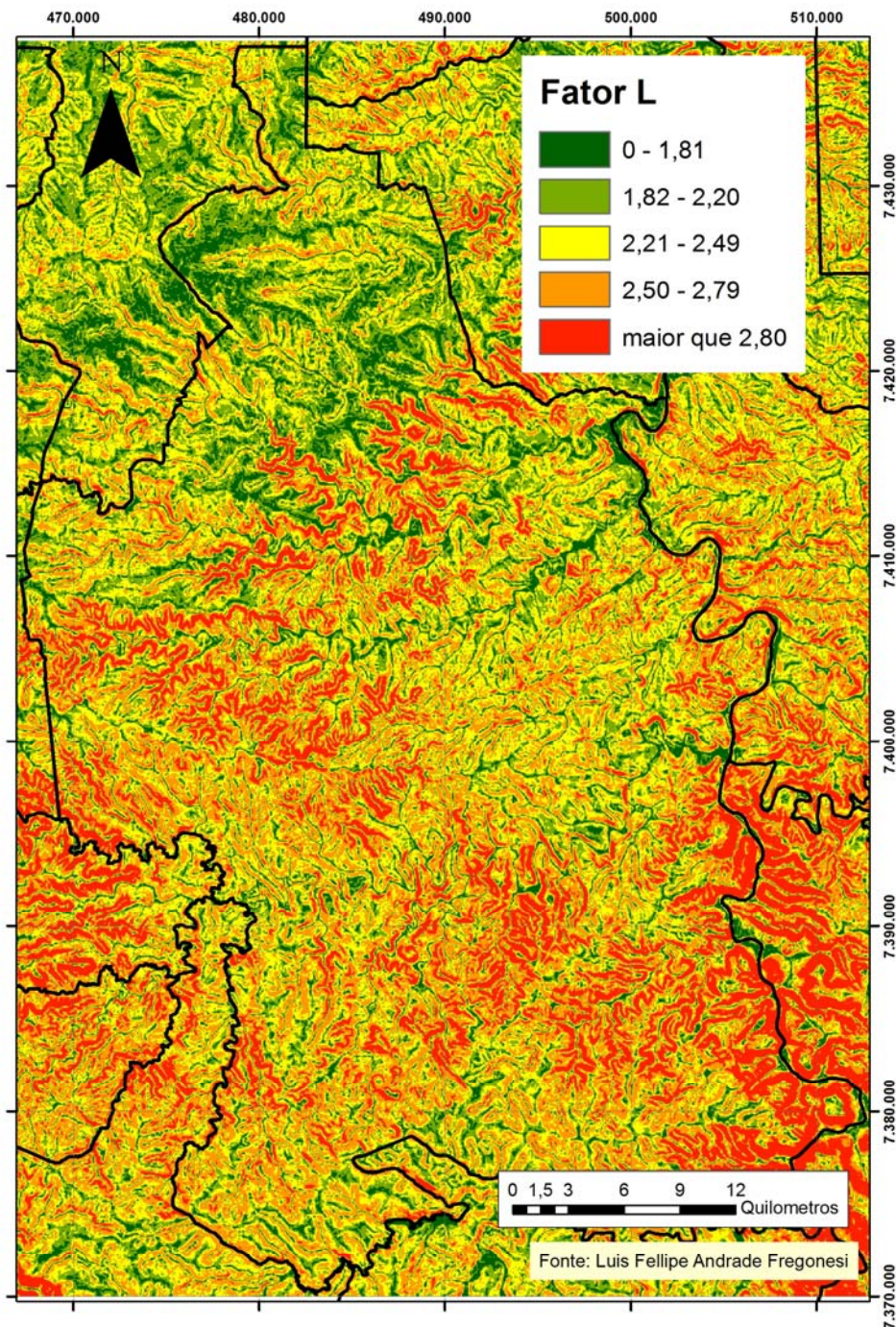
O total máximo foi de 8.244,16 e o mínimo foi de 7.017,42 MJ mm ha ano, que são valores próximos aos obtidos por Waltrick (2010) que obteve para município de Londrina índice de erosividade total de 7.152 MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Este autor utilizou dados de precipitação pluviométrica de 1961 a 1990, gentilmente cedidos pelo IAPAR.

## 6.2 FATOR COMPRIMENTO DA ENCOSTA E DECLIVIDADE

Na figura 18 é mostrado o mapa confeccionado com dados do fator L, representando o comprimento de rampa. Pode se observar que na região sudeste do município ocorrem os valores maiores que 2,79 m.

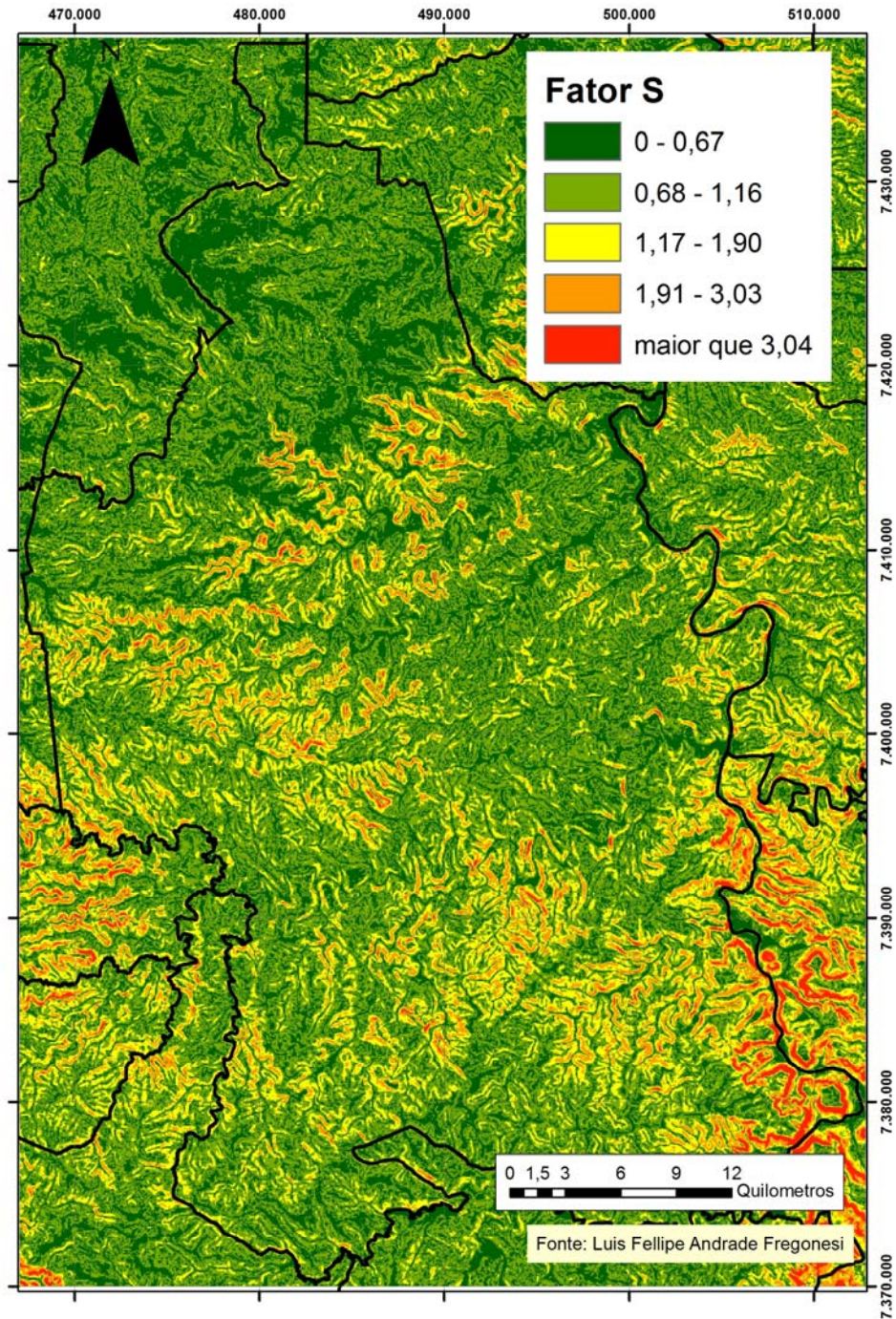
O mapa do município de Londrina para o fator S, declividade da encosta é apresentado na figura 19, onde observa se que na região noroeste estão os menores valores, variando entre 0,02 a 0,67.

**Figura 19** - Mapa do comprimento da encosta para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



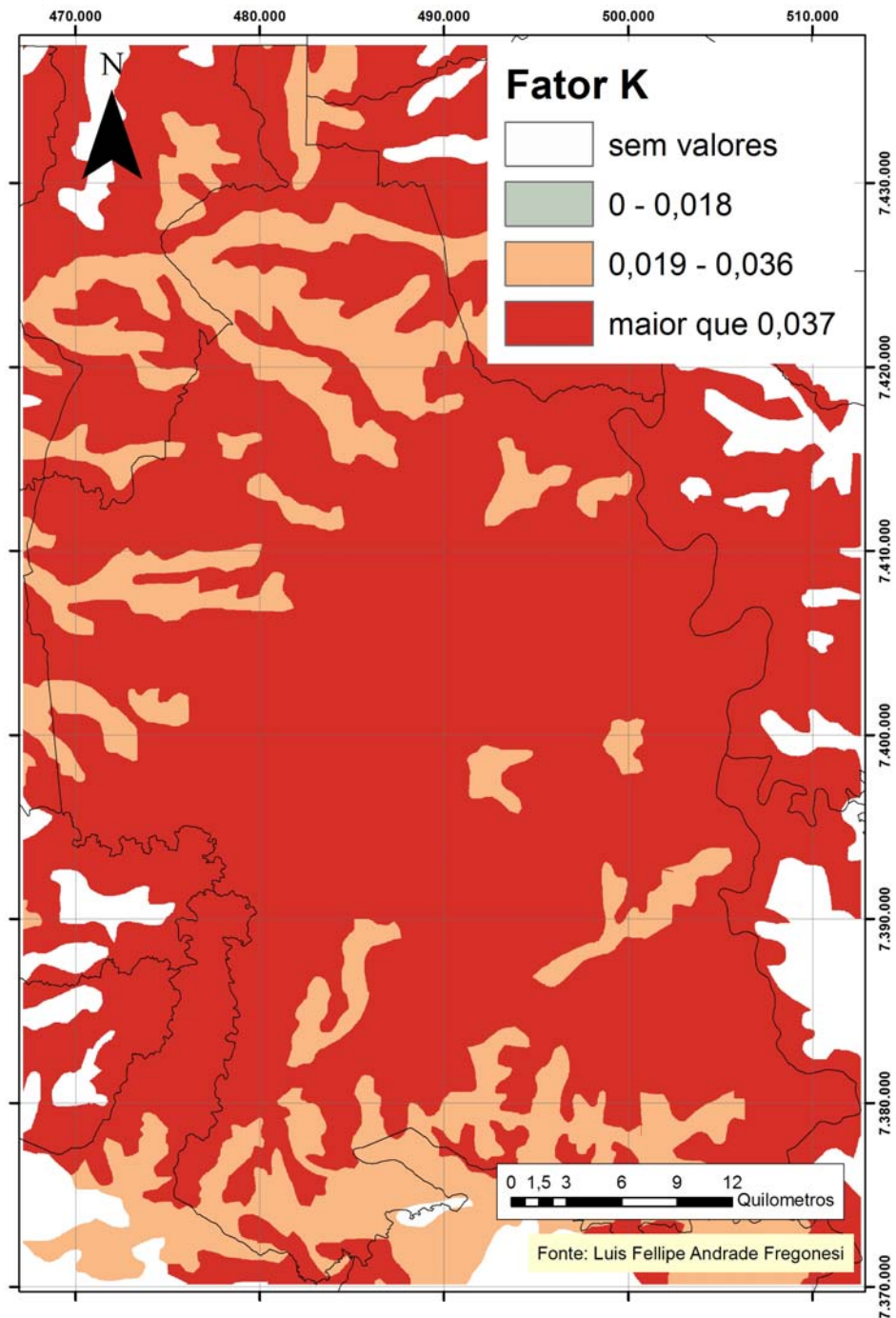
**Fonte:** Do próprio autor.

Figura 20 - Mapa de declividade para o município de Londrina, Paraná, Brasil.



Fonte: Do próprio autor.

**Figura 21** - Mapa de erodibilidade do solo no município de Londrina, Paraná, Brasil



**Fonte:** Do próprio autor.

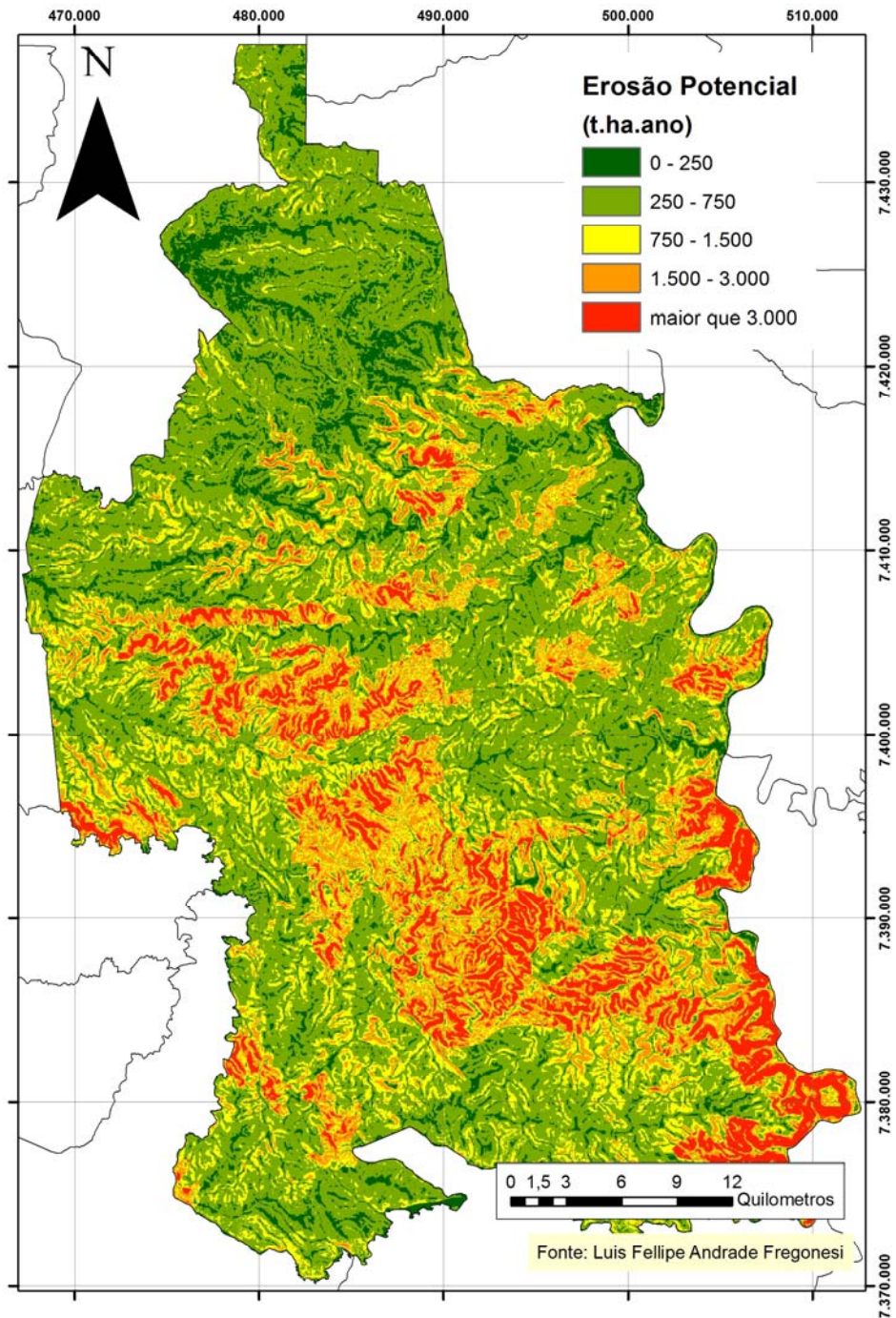
### 6.3 ERODIBILIDADE

O mapa da erodibilidade do solo no município de Londrina é mostrado na figura 21 onde os valores do fator K que, na maioria dos casos ficou maior que 0,036.

### 6.4 EROSÃO POTENCIAL

O mapa da erosão potencial (R.K.L.S.) do solo em  $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , para o município de Londrina, PR, é apresentado na figura 22. No mapa observa-se a ocorrência de áreas com estimativas de erosão potencial com valores acima de  $3.000\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ . Estes valores são considerados elevados porque devem ser avaliados os custos econômicos devido às perdas da fertilidade, a contaminação de águas superficiais, etc.

Figura 22 - Mapa área de fragilidade do solo no município de Londrina, Paraná, Brasil



Fonte: Do próprio autor.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da erosão potencial no município de Londrina, além de contribuir para uma compreensão dos problemas ambientais dos processos erosivos e suas consequências, a dinâmica desses, é útil como base para a aplicação de ações de controle, preventivas ou corretivas, no município.

Os mapas mensais de erosividade potencial de perda de solo poderão ainda auxiliar no planejamento do município para prevenir e com isso reduzir perdas de solo.

Os resultados mostraram que os maiores valores de erosão potencial (1.500 a mais 3.000 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) tem ocorrência situada na área central a sentido sudeste do município de Londrina. Esses índices altos indicam uma forte correlação com os fatores L.S e K. Na região ao norte do município de Londrina os valores de erosão potencial foram entre 0 e 250 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

A economia do município de Londrina tem como base a agricultura e, a perda de solo (nutrientes e matéria orgânica) acumulada ano a ano, resultando em queda na produtividade das culturas, e reposição com o uso de fertilizantes que aumenta os custos de produção. A determinação da erosão potencial é útil como ferramenta de planejamento para manter os solos cobertos nas áreas e nos períodos de maior risco de erosão, minimizando a probabilidade de ocorrido de dado ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. W. et al. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo de um solo bruno não-não cálcico vértico em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 743-749, 1998.
- BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J.; GEHLING, W. A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico – pesquisas e tendências. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Porto Alegre, v. 1, p. 17-25, 2000.
- BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 235-244, 2010.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.
- BOARETT, W. A.; SOUZA, C. M.; WRUCK, F. J. Índice de erosividade das chuvas para Viçosa/MG. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 45, n. 258, p. 193-201, 1998.
- CAMPOS, R. A.; STIPP, M. E. F.; STIPP, N. A. F. Estudos sobre o potencial erosivo na área de uma bacia hidrográfica no município de Londrina – PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- CASSOL, E. A. et al. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1239-1251, 2008.
- CAVIGLIONE, J. H. Espaçamentos entre terraços em plantio direto. **Boletim Técnico**, Londrina, n. 71, p. 59, 2010.
- DERPSCH, R. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Eschborn: GTZ/IAPAR, 1991.
- GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia**: uma atualização e bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. D.; BOTELHO, R. G. M. O. **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010.
- GUERRA, J. B. **Avaliação do potencial natural erosivo da microbacia do Ribeirão Taquara – PR**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2005.
- HONDA, E. A.; ABE, K.; FRANCISCO, A.; OCHIAI, H. Erosividade das chuvas em três localidades do Oeste do Estado de São Paulo. In: VILLAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. (Org.). **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista**: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Instituto Florestal, 2004. p. 81-92.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba: Instituto de Terras, Cartografia e Florestas (ITCF), 1987.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. London: Longman, 1986.

PINHEIRO, L. S.; CUNHA, C. L. A importância da geração do fator topográfico (LS) da EUPS para modelagem erosiva de bacia hidrográfica. **Revista Geográfica de America Central**, San Jose, v. 2, n. 47e, 2012.

RENARD, K. G. et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). **Agriculture Handbook**, Washington, n. 703, 1997.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva no estado do Paraná, através de pluviômetro: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p.439-444, 1993.

SILVA, M. A. D. et al. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 34, p. 1029-1039, 2010.

TOMAZONI, J. C. et al. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio anta gorda (PR). **Estudos geográficos**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p.120, 2005.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná**: atualização, influência do "el niño" e "la niña" e estimativa para cenários climáticos futuros. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, Washington, n. 537, p. 58, 1978.