



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

**ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO DA DONA – BA.**

LAIANA DOS SANTOS TRINDADE

Cruz das Almas – BA

2018

**LAIANA DOS SANTOS TRINDADE**

**ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO DA DONA – BA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pela estudante Laiana dos Santos Trindade como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Everton Luís Poelking

Cruz das Almas – BA

2018

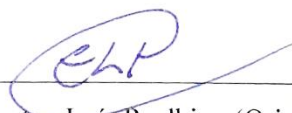
**LAIANA DOS SANTOS TRINDADE**

**ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO DA DONA – BA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pela estudante Laiana dos Santos Trindade como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

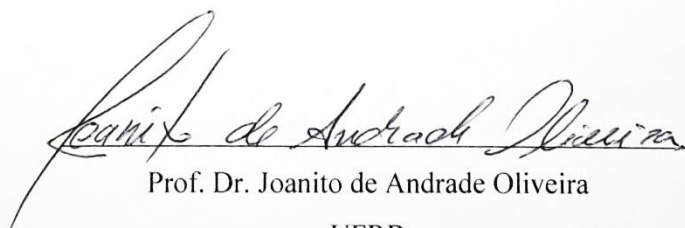
Aprovado em: 07 de agosto de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Everton Luís Poelking (Orientador)

UFRB



Prof. Dr. Joanito de Andrade Oliveira

UFRB



Prof. Dr. Liniker Fernandes da Silva

UFRB

Dedico este trabalho aos meus pais Edilson e Rosemarie, que apesar de todas as dificuldades que enfrentaram na vida sempre fizeram o possível para que eu chegasse até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela graça da vida, pela saúde e, por diariamente me dar forças para continuar.

À minha família, especialmente meus pais Edilson Trindade e Rosemarie Trindade, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional e, por entenderem os meus momentos de ausência.

À minha tia Joselita Amaral pelo apoio e carinho incondicional.

Ao meu namorado Lucas Passos, pelo apoio, paciência, carinho, compreensão e felicidade.

Ao meu orientador, Dr. Everton Poelking, pela orientação, confiança e paciência. Muito obrigada!

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e a todos os professores que contribuíram para a minha formação como Engenheira Florestal.

Às minhas grandes amigas, Ariadne, Amanda, Chaiane, Beatriz, Juliana, Karolina, Nídia, Raissa e Taline, as quais me trazem alegria à vida, pelo grande apoio, forças, sorrisos, conversas e desabafos.

À Resaj em especial Aleandro pelo apoio e amizade.

Obrigada a todos!

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os planos serão bem-sucedidos.”

*Provérbios 16:3*

## RESUMO

ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA DONA – BA.

O processo histórico de ocupação do território brasileiro, compreendeu na substituição da cobertura vegetal nativa por atividades agropecuárias, constantemente baseadas na exploração excessiva dos recursos naturais. Tal processo foi responsável por diversos problemas ambientais, principalmente a intensificação da erosão hídrica. O objetivo desse trabalho foi estimar o modelo da Equação Universal de Perdas do Solos (EUPS) na Bacia Hidrográfica do Rio da Dona – BA, para determinar as perdas de solos. O fator erosividade da chuva (R) foi obtido através da interpolação dos dados de precipitação, a erodibilidade do solo (K) foi determinado por meio do mapa de solos da área em estudo, o fator topográfico (LS) foi gerado a partir da equação proposta por Desmet & Govers (1996) e McCool et al. (1989) e os fatores uso e manejo e práticas conservacionistas (C e P) foram obtidos mediante a elaboração do mapa de uso do solo da área da bacia do Rio da Dona. Os fatores R, K e LS foram multiplicados e geraram o mapa do Potencial Natural a Erosão. E acrescido do fator CP se obteve o mapa de perda de solo expresso em  $t.ha^{-1}$ . A erosividade e erodibilidade apresentaram resultados de uma média propensão a erosão, os fatores topográficos inferiram uma baixa vulnerabilidade a erosão e o fator CP apresentou uma alta susceptibilidade a erosão. As perdas de solo estimada para a bacia em estudo apresentam uma média de  $21,19 t.ha^{-1}ano^{-1}$  e quando comparado ao PNE médio anual,  $119,50 t.ha^{-1}ano^{-1}$ , pode-se concluir que a perda de solo corresponde a 18% do PNE, deste modo, a cobertura vegetal é um fator essencial para a bacia em estudo.

Palavras-chave: SIG; Equação Universal de perdas de solos; Erosão.

## ABSTRACT

### SOIL LOSS ESTIMATION IN THE WATER CATCHMENT AREA OF THE DONA RIVER – BA

The historical process of occupation of the Brazilian territory included the substitution of native vegetation cover for agricultural activities, constantly based on the excessive exploitation of natural resources. This process was responsible for several environmental problems, mainly the intensification of the erosion of the water. The objective of this work was to estimate the model of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in the Dona River Basin – BA, to determine soil losses. Rainfall erosivity (R) was obtained by interpolation of precipitation data, soil erodibility (K) was determined by means of the soil map of the area under study, the topographic factor (LS) was generated from the equation proposed by Desmet & Govers (1996) e McCool et al. (1989) and the use and management factors and conservation practices (C and P) were obtained through the elaboration of the land use map of the Rio da Dona basin area. The factors R, K and LS were multiplied and generated the map of the Natural Potential of Erosion. In addition to the CP factor, we obtained the soil loss map expressed in  $t \cdot ha^{-1}$ . The erosivity and erodibility presented results of an average erosion susceptibility, the topographic factors inferred a low vulnerability to erosion and the CP factor presented a high susceptibility to erosion. The estimated soil losses for the basin under study have a mean of  $21.19 t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$  and when compared to the annual average PNE,  $119.50 t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$ , one can conclude that the soil loss corresponds to 18% of the PNE, thus, the vegetation cover is an essential factor for the basin under study.

Keywords: SIG; Universal Soil Loss Equation; Erosion.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Principais etapas realizadas para delimitação de bacias. ....	20
<b>Figura 2</b> – Fluxograma das principais atividades desenvolvidas. ....	22
<b>Figura 3</b> – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	23
<b>Figura 4</b> – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona, adaptado de Embrapa (2011). .....	24
<b>Figura 5</b> – Mapa de Precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	33
<b>Figura 6</b> – Mapa do Fator R da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	34
<b>Figura 7</b> – Mapa de Fator K da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	36
<b>Figura 8</b> – Mapa do Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	38
<b>Figura 9</b> – Mapa da Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	39
<b>Figura 10</b> – Mapa do Fator LS da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	40
<b>Figura 11</b> – Mapa do Uso das terras da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	43
<b>Figura 12</b> – Mapa do Fator C e P da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	44
<b>Figura 13</b> – Mapa do Potencial Natural a Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	46
<b>Figura 14</b> – Mapa do Potencial Natural a Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona. ....	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Classes de uso da terra. ....	21
<b>Tabela 2</b> – Qualidade de classificação associada nos valores da estatística de Kappa.....	21
<b>Tabela 3</b> – Classificação do grau de degradação à perda de solo por erosão, sugerida por Riquier (1982). ....	25
<b>Tabela 4</b> – Classes do fator K conforme Mannigel et al. (2002).....	27
<b>Tabela 5</b> – Dados pluviométricos utilizados na avaliação do Fator R.....	31
<b>Tabela 6</b> – Classes do fator R conforme Carvalho (2008). ....	32
<b>Tabela 7</b> – Índice de erodibilidade do solo para a respectiva área ocupada na bacia em estudo. ....	35
<b>Tabela 8</b> – Classes de declividade proporcional à área total da bacia em estudo.....	37
<b>Tabela 9</b> – Classes do Fator LS proporcional à área total da em estudo. ....	37
<b>Tabela 10</b> – Matriz de erro da classificação pelo MAXVER. ....	41
<b>Tabela 11</b> – Fator C e P para cada uso da terra. ....	42
<b>Tabela 12</b> – Quantificação do PNE para bacia em estudo.....	45
<b>Tabela 13</b> – Classes de perdas de solos em toneladas proporcionais a área da bacia em estudo. ....	48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo geral .....	13
2.2 Objetivos específicos .....	13
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
3.1 Bacia Hidrográfica como objeto de estudo.....	14
3.2 Erosão hídrica .....	14
3.2.1 Fatores que atuam na erosão hídrica.....	15
3.2.1.1 Solo.....	15
3.2.1.2 Chuva.....	16
3.2.1.3 Relevo .....	16
3.2.1.4 Cobertura vegetal.....	17
3.3 Modelo da EUPS em ambiente do SIG .....	17
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
4.1 Área de Estudo .....	19
4.2 Bases Cartográficas e Temáticas .....	20
4.2 Modelagem da Equação Universal de Perda do Solo.....	25
4.2.1 Fator R: Erosividade da Chuva.....	26
4.2.2 Fator K: Erodibilidade do Solo.....	26
4.2.3 Fator LS: Fatores topográficos .....	28
4.2.4 Fator C e P: Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas.....	29
4.2.5 Álgebras dos mapas .....	30
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>31</b>
5.1 Fatores da Equação Universal de Perdas de Solos .....	31
5.1.1 Fator R: Erosividade da Chuva.....	31
5.1.2 Fator K: Erodibilidade do Solo.....	35
5.1.3 Fator LS: Fatores Topográficos .....	37
5.1.4 Fator C e P: Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas.....	41
5.2 Potencial Natural a Erosão (PNE) .....	45
5.3 A: Perda de solo.....	47
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A adequação do uso e ocupação do solo são considerados os principais fatores responsáveis pela conservação das bacias hidrográficas. Os métodos de avaliação de impactos ambientais, as práticas de conservação e as perdas de solos têm sido extensamente utilizados como subsídios no planejamento ambiental. Uma parte do planejamento do controle da erosão é a quantificação da perda de solo pelo processo, infere uma função importante tanto para a identificação de áreas críticas e para o planejamento conservacionista.

O processo histórico de ocupação do território brasileiro, compreendeu na substituição da cobertura vegetal nativa por atividades agropecuárias, constantemente baseadas na exploração excessiva dos recursos naturais. Tal processo foi responsável por diversos problemas ambientais, principalmente a intensificação da erosão hídrica. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), o uso antrópico intensifica o processo de erosão, visto que altera as condições naturais do ambiente e as propriedades do solo tornando-os compactado, impedindo a infiltração da água e, conseqüentemente aumentando o escoamento superficial.

Dentre os principais fatores que afetam a erosão hídrica destacam-se: a erosividade da chuva, definida pela sua intensidade; erodibilidade do solo, quantificada pelas características físicas e químicas do solo; comprimento de rampa e declividade; e a cobertura vegetal, através da sua maior ou menor proteção do solo.

De acordo com Silva (2003) determinar as áreas com alto potencial à erosão auxilia no planejamento da ocupação do solo a fim de prevenir, desacelerar ou evitar este processo. Diversos modelos foram criados com o objetivo de estimar o potencial erosivo de uma bacia, dentre eles destaca-se a Equação Universal de Perdas do Solo (EUPS). A EUPS é um modelo empírico proposta por Wischmeier & Smith (1978) com o objetivo de estimar as taxas de perda de solo por erosão.

As técnicas de geoprocessamento implantadas ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) são importantes na avaliação e planejamento do uso e degradação do solo. O SIG permite a execução da estimativa de perdas de solos por erosão, a simulação de degradação do solo e classificação das terras de acordo com a capacidade de uso (OLIVEIRA et al., 2014).

A EUPS quando compilada através do SIG, possibilita a avaliação da perda de solo por erosão hídrica e contextualiza os resultados obtidos em função do uso e ocupação das terras.

Diante do exposto, o estudo da erosão é um fator importante para prever o potencial de erosão, e com isso direcionar a atividade humana e o uso sustentável.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estimar o modelo da (EUPS) na Bacia Hidrográfica do Rio da Dona – BA, para determinar as perdas de solos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ❖ Estimar os fatores da EUPS que influenciam na erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio da Dona;
- ❖ Estimar o Potencial Natural a Erosão da Bacia do Rio da Dona;
- ❖ Avaliar as perdas de solo da Bacia do Rio da Dona.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Bacia Hidrográfica como objeto de estudo**

No Brasil e em outros países, a unidade física adotada na legislação para a administração de recursos hídricos é a de bacia hidrográfica, a qual estabelece o princípio básico para a implementação da gestão dos recursos hídricos (GARCIA, 2011).

Leal (1998), define bacia hidrográfica como a região na adjacência de um curso d'água que drena em uma direção, em que as águas precipitadas contribuem para o volume escoado em seu leito. “A Bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, seu exutório” (TUCCI, 1947).

De acordo com Tonello (2005) o desempenho de uma bacia é decorrente em função de suas características geomorfológicas, como, relevo, geologia, solo, área, rede de drenagem, entre outros; além disso, também é atribuído em função do tipo de cobertura, ou seja, o uso e ocupação do solo. Desta forma, a característica antrópica, física e biótica de uma bacia compreende uma importante função nos processos do ciclo hidrológico, influenciando diretamente na quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, a infiltração e os escoamento subsuperficial e superficial.

Segundo Botelho (1999), o planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode evitar ou minimizar a ocorrência de impactos ambientais resultante da ação antrópica desordenada, tem como objetivo orientar a ocupação humana a fim de que sejam protegidas as áreas destinadas à preservação ambiental e com isso conservando os recursos naturais.

#### **3.2 Erosão hídrica**

Amorim (2004), define a erosão como o processo natural de desprendimento e transporte das partículas do solo, porém, a ação antrópica vem sendo responsável por destruir o equilíbrio das condições naturais e conseqüentemente acelerando o processo de erosão. No Brasil, em grande parte da região tropical o índice pluviométrico é elevado, sendo ele o principal responsável pelo processo de erosão hídrica em regiões tropicais e com solo desnudo (BOVI, 2013).

A erosão hídrica envolve uma sequência de transferências de matéria e energia, desde a energia cinética da gota da chuva ao cair, até o impacto desta ao encontrar o solo. A gota de

chuva exerce um papel desagregador, que através do impacto desestrutura, desagrega e assim desprende as partículas do solo para o transporte (SANTOS, 2011).

De acordo com Wischmeier & Smith (1978), a erosão hídrica é resultante da combinação dos fatores, topografia, regime de chuva, tipo de solo e manejo do solo e práticas conservacionistas de suporte. Quando algum desses fatores sofrem alguma intervenção antrópica, ocorre um desequilíbrio de outros mecanismos que atuam integrados, e são responsáveis pelo processo erosivo de uma bacia hidrográfica (DREW, 1994).

Segundo Bovi (2013), as principais formas de erosão hídrica são a erosão laminar, erosão em sulcos e as voçorocas. A erosão laminar se caracteriza quando o escoamento superficial das chuvas remove a camada fina e uniforme da superfície do solo, ou seja, retira sua cobertura superficial, esse tipo de erosão é pouco perceptível (ANTONELI, 2011). A erosão em sulcos ocorre quando a erosão laminar se concentra em pequenas “linhas” ou canais, ou seja, ela é formada através da concentração do escoamento superficial da água, esse tipo de erosão é o princípio para as formações de voçorocas (MORGAN, 2005; PRUSKI, 2009). Quando há um aumento mais concentrado de enxurrada, agrava o processo erosivo e são formadas as voçorocas (CHESWORTH, 2008). De acordo com Guerra (2001), as voçorocas compreendem como “escavação ou rasgão de solo ou rocha decomposta, ocasionado pela erosão do lençol do escoamento superficial”.

### **3.2.1 Fatores que atuam na erosão hídrica**

Segundo Paim (2012), os principais fatores que afetam a erosão são: o solo, a chuva, relevo e a cobertura vegetal.

#### **3.2.1.1 Solo**

De acordo com Salomão et al. (1999), o solo constitui o principal fator relacionado à erosão. Sua influência deve-se às características biológicas, químicas, mineralógicas e características físicas, principalmente a estrutura, textura, densidade e permeabilidade.

À proporção que a cobertura vegetal é eliminada através do manejo do solo inadequado, a superfície do solo sofre mudanças nas suas características físicas, modificando a taxa de infiltração, rugosidade e porosidade (ALBUQUERQUE et al., 2002).

Portanto, o solo constitui um dos recursos naturais mais utilizado pelo homem na produção agrícola, e devido a isso pode ter sua aptidão produtiva afetada pelo uso e manejo inadequado e pela erosão hídrica (VALLE JUNIOR, 2008).

### **3.2.1.2 Chuva**

A precipitação, como dito anteriormente, influencia o processo erosivo através do impacto da gota de chuva no solo, que desagrega as partículas do solo e também pode promover o selamento da superfície minimizando a permeabilidade do solo (SANTOS, 2011).

Segundo Checchia (2005), a capacidade da chuva em provocar erosão depende da quantidade, intensidade, frequência e duração. Uma chuva forte com uma certa duração pode provocar grandes prejuízos erosivos, por conta da sua grande energia cinética exercida pela gota de chuva ao cair no solo. No decorrer de uma precipitação a gota de chuva aumenta sua velocidade em aceleração cada vez menor, até atingir um valor final ou constante.

### **3.2.1.3 Relevô**

De acordo com Brady (1989), a topografia reflete as influências do comprimento de rampa e da declividade. Desta forma quanto maior for o declive, desde que os outros fatores permaneçam uniformes, maior será a erosão em consequência da velocidade das enxurradas.

A erosão aumenta da forma côncava para a convexa, passando pela linear na qual apresenta maior estabilidade. A forma côncava apresenta remoção ineficiente de sedimento, referindo-se a forma de maior convergência de água, já a forma convexa apresenta maior divergência (RESENDE, 1985).

A declividade do terreno controla a velocidade das enxurras em escoamento superficial. Além disso, a maior ou menor capacidade de infiltração, magnitude pluvial e suscetibilidade para erosão, dependem do aceleração do escoamento das águas sobre o terreno. Desta forma, as áreas com solo desnudo compreendem um fator fundamento na aceleração da erosão, visto que solo exposto recebe o impacto direto das gotas de chuvas, desagregando as partículas (VILLELA & MATTOS, 1975).



#### 3.2.1.4 Cobertura vegetal

De acordo com Bertoni et al. (1999), a cobertura vegetal é a proteção natural de uma área contra a erosão, atuando das seguintes formas:

- ❖ Na proteção direta contra os impactos das gotas de chuvas;
- ❖ Dispersão da água, evaporando ou interceptando antes que atinja o solo;
- ❖ Decompõe as raízes das plantas que forma canalículos e aumenta a infiltração da água;
- ❖ Melhora a estrutura do solo, com acumulação de matéria orgânica, com isso aumentando a retenção de água no solo, e;
- ❖ Diminui a velocidade do escoamento superficial através do aumento do atrito na superfície.

### 3.3 Modelo da EUPS em ambiente do SIG

A modelagem da erosão é uma ferramenta eficaz na avaliação de estratégias a serem adotadas no controle da degradação dos solos, sendo uma forma de descrever matematicamente o processo de destacamento, transporte e deposição das partículas do solo (SANTOS, 2011).

Segundo Santos (2011), podem ser empregados diferentes modelos na estimativa dos processos erosivos, com o objetivo de quantificar as perdas de solo por erosão ou afim de realizar uma avaliação qualitativa no comportamento erosivo de uma área de interesse. Dentre os diferentes modelos matemáticos, a EUPS é a mais conhecida e utilizada na estimativa de erosão. Esse modelo foi desenvolvido no *National Runoff and Soil Loss Data Center* (Purdue University, Estados Unidos) em 1954 e organizada por Wischmeier & Smith (1978), suas variáveis são: erosividade da chuva, erodibilidade do solo, fatores topográficos (comprimento de rampa e declividade do relevo) e uso e manejo do solo e as práticas conservacionistas (OLIVEIRA; SERAPHIM; BORJA, 2015).

De acordo com Fiorio et al. (2016) o monitoramento da erosão em locais de grande extensão é um processo íngreme. Assim, desta forma o geoprocessamento torna-se uma ferramenta útil e vantajosa na estimativa de perdas de solos em bacias hidrográficas.

Os SIGs possibilitam práticas de análises complexas ao conceber dados de variadas fontes e, além disso, cria bancos de dados georreferenciados. Os SIGs vem sendo utilizados na

estimativa da erosão espacial, por conta da sua facilidade de manuseio e análise dos dados espaciais, além de possibilitarem aos usuários a identificar os locais mais propensos à erosão (CÂMARA & MEDEIROS, 2003; LIMA & SIMÕES, 2005).

Vários estudos baseados em metodologias de conservação do solo utilizando SIG têm sido realizados. Silva et al. (2007) utilizaram o SIG na avaliação espacial e temporal de perdas de solo. Albuquerque et al. (2005) também associaram o uso da EUPS com o SIG para determinar as perdas de solo no município de Sumé na Paraíba. Oliveira, Saraphim e Borja (2015) estimaram as perdas de solo e do Potencial Natural de Erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do Lageado em Botucatu, no estado de São Paulo, através do SIG. Entre esses autores podemos citar: Checchia (2005), Paim (2012), Santos (2011), Lopes et al. (2011), Fiorio et al. (2016), Thompson & Fidalgo (2013), Oliveira et al. (2015), Coutinho (2017), Farinasso et al. (2006), Durões & Mello (2016), dentre outros.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo

A bacia do Rio da Dona está situada na Região Econômica do Recôncavo Sul do Estado da Bahia (Figura 3). A área apresenta uma diversidade de aspectos culturais, ambientais, sociais e econômico no entorno das margens do seu curso. A bacia abrange uma área aproximadamente de 668 km<sup>2</sup>, e compreende parte dos municípios de Aratuípe, Castro Alves, Conceição do Almeida, Jaguaripe, Laje, Santo Antônio de Jesus, São Miguel das Matas e Varzedo. O curso principal do Rio da Dona percorre 116,23 km de extensão, suas principais nascentes estão localizadas no alto curso do rio, com uma altitude de aproximadamente de 600 metros, na Serra da Jiboia, Município de Varzedo (GOIS, 2010).

Os limites físicos da bacia compõem dos divisores topográficos entre ela e a Bacia do Rio Jaguaripe no Setor Norte, a Bacia do Rio Jequiriçá nos Setores Oeste e Sul, e a Leste limita-se pelas águas do Oceano Atlântico (GOIS, 2010).

Segundo a EMBRAPA (2011), podem ser encontrados os seguintes solos na bacia: espodossolo ferrihumilúvico hidromórfico, latossolo amarelo distrófico (solo predominante na bacia), latossolo vermelho-amarelo distrófico, argissolo vermelho-amarelo distrófico e planossolo eutrófico. De acordo com o IBGE a vegetação predominante na área em estudo é a floresta ombrófila densa e está inserida no bioma Mata Atlântica.

A região abrangida, segundo CPRM (Serviço Geológico do Brasil), apresenta uma geologia com rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. E a geomorfologia é predominantemente de depressões e patamares (IBGE, 2006).

Conforme a classificação climática de Köppen, a bacia apresenta dois tipos de clima: Aw (tropical subúmido com chuvas de verão) e Af (tropical chuvoso de floresta sem estação seca). Diante dos dados do *site* do ANA (Hidroweb) as médias de precipitação são boas e as chuvas são distribuídas o ano todo (total de chuva anual variando entre 897 mm e 1809 mm). Os máximos verificados nesta área ocorreram nos meses de outubro a julho, enquanto os valores mínimos de precipitação são verificados entre os meses de agosto a setembro.

## 4.2 Bases Cartográficas e Temáticas

As principais etapas (Figura 1) realizadas nesse estudo estão sendo descritas através do fluxograma da metodologia aplicada para obtenção dos resultados.

Os materiais cartográficos utilizados e apresentados neste estudo foram georreferenciados no Sistema de Projeção Transversa de Mercator (UTM), Datum WGS 84 (World Geodetic System) e Zona 24 S.

Os dados *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que são imagens de resolução espacial de 30 m, foram obtidos através do site *United States Geological Survey* (USGS, 2018), com informações originais disponíveis para a América do Sul, referente a banda c e resolução espacial de 1 arc-segundo. De posse desses dados, foram gerados o Modelo Digital de Elevação (MDE), a rede de drenagem e a delimitação da bacia. Para a delimitação e aquisição da rede de drenagem da Bacia do Rio da Dona, o processo foi desenvolvido no SIG ArcGIS 10.4 (ESRI, 2018), juntamente as extensões (ferramentas) *Spatial Analyst e Hydrology Modeling*. A metodologia utilizada nesse procedimento foi composta das seguintes etapas: preenchimento de depressões, direção de fluxo, fluxo acumulado, ordem do curso d'água (onde foi obtido a rede de drenagem da bacia) e delimitação de bacias (Figura 3).



**Figura 1** – Principais etapas realizadas para delimitação de bacias.

O mapa de precipitação total anual foi elaborado a partir de uma série histórica de precipitação, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA) – Hidroweb (2018). Foram utilizados dados de cinco postos pluviométricos, quatro distribuídos no entorno da bacia hidrográfica, que são Castro Alves, Laje, Nazaré e Santo Antônio de Jesus, e apenas o posto de São Miguel das Matas, está situado dentro dos limites da bacia.

O mapa de tipos de solo (Figura 4) foi confeccionado a partir do Mapa de Solos do Brasil, realizado pela Embrapa (2011), na escala de 1:5 milhões. O mesmo foi modificado e adaptado para a representação dos tipos de solos da área de estudo.

O mapa de uso da terra foi elaborado a partir de imagens de alta resolução do TM – Landsat 8 do ano de 2016, que foram obtidas de forma gratuita no *site* do USGS. As imagens foram interpretadas usando uma composição de bandas 3, 4 e 5 (azul, verde e vermelho). Foi

realizado uma classificação supervisionada em classes baseadas nas respostas espectrais selecionadas e fornecidas ao sistema pelo usuário. As imagens do Landsat foram classificadas em cinco classes de uso da terra, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** – Classes de uso da terra.

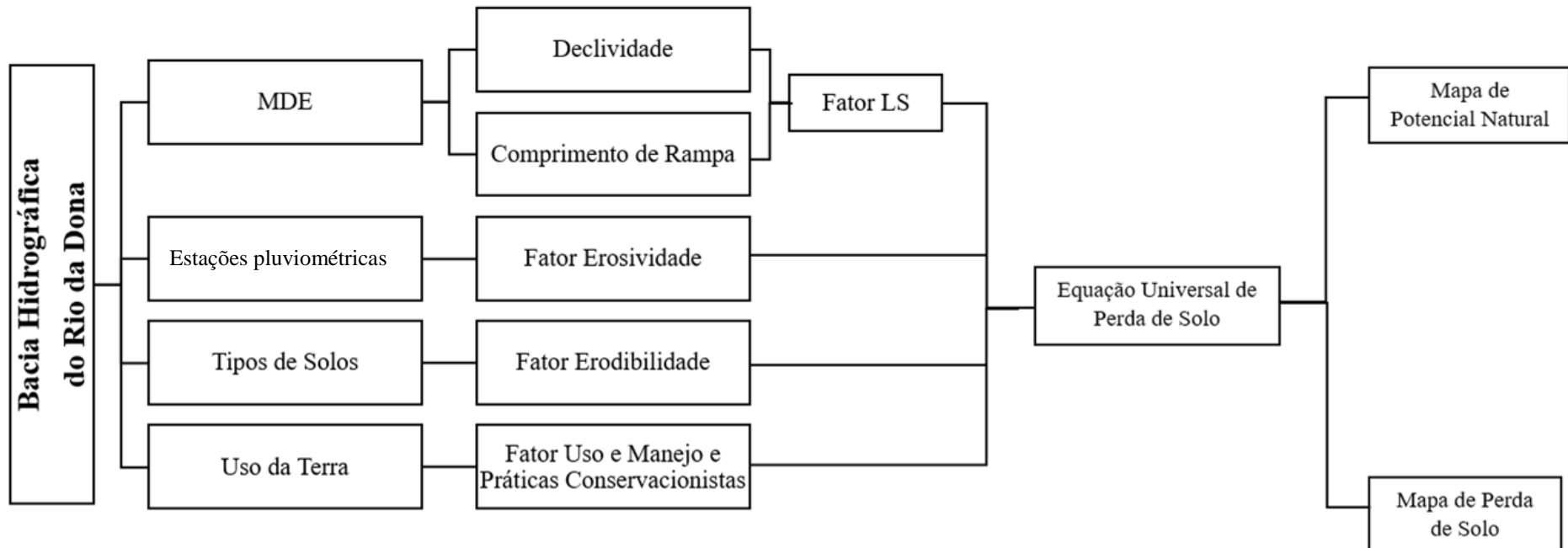
<b>Código da classe</b>	<b>Classe de uso da terra</b>
<b>1</b>	Mata Atlântica
<b>2</b>	Agricultura
<b>3</b>	Solo Exposto
<b>4</b>	Pastagem
<b>5</b>	Corpos D'água

Após a classificação das imagens, foi realizado uma análise estatística através do índice Kappa, para avaliar a exatidão dos mapas gerados. O índice Kappa é uma medida de análise multivariada discreta e eficaz (CONGALTON & GREEN, 2009), que permite comparar as classificações obtidas automaticamente com as classes de validação realizada na imagem. O índice Kappa varia de 0 a 1, e quanto mais próximo de 1 melhor é a exatidão, Tabela 2.

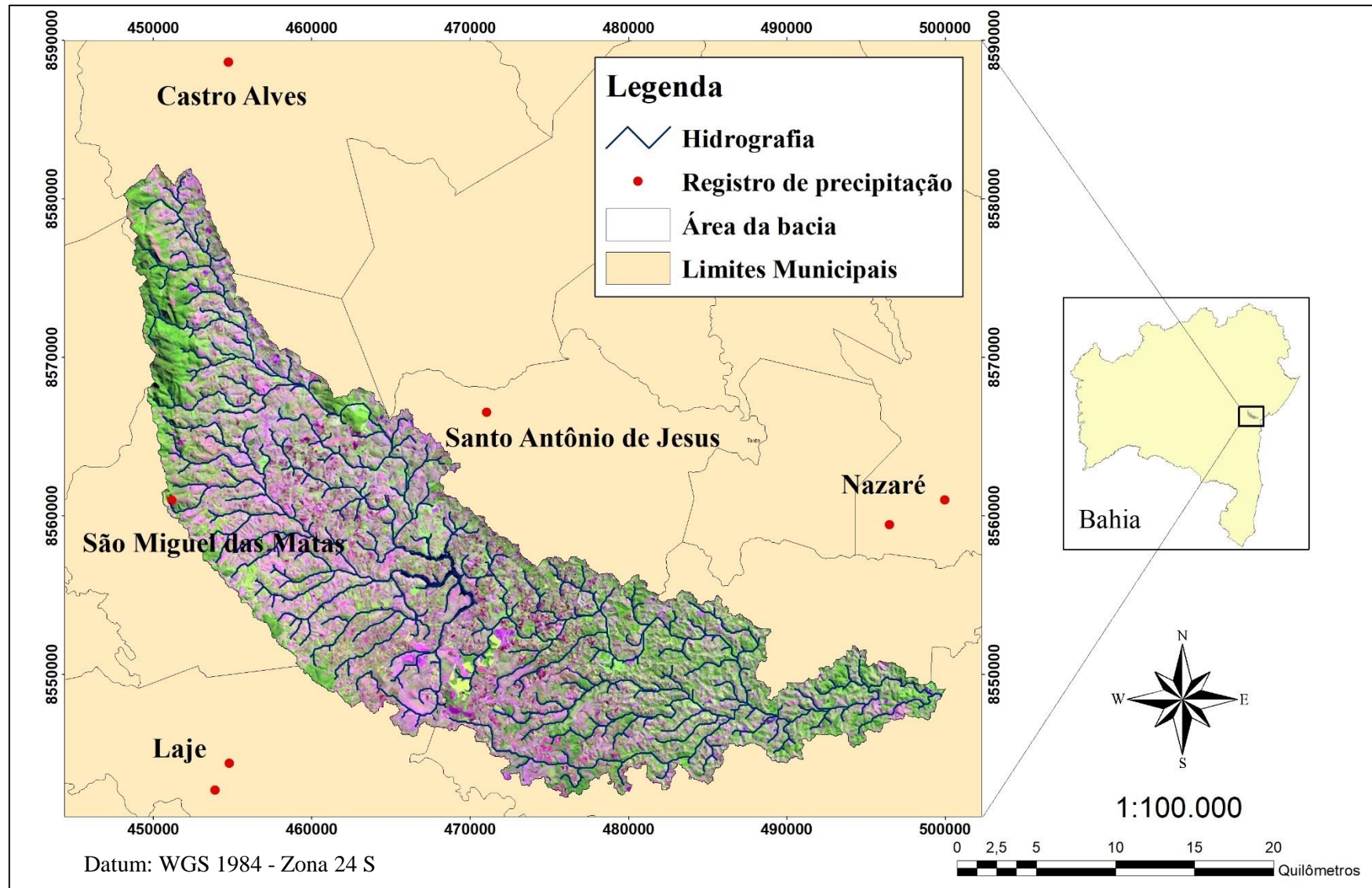
**Tabela 2** – Qualidade de classificação associada nos valores da estatística de Kappa.

<b>Kappa (K)</b>	<b>Qualidade</b>
<b>K = 0,2</b>	Ruim
<b>0,2 &lt; K = 0,4</b>	Razoável
<b>0,4 &lt; K = 0,6</b>	Bom
<b>0,6 &lt; K = 0,8</b>	Muito bom
<b>K &gt; 0,8</b>	Excelente

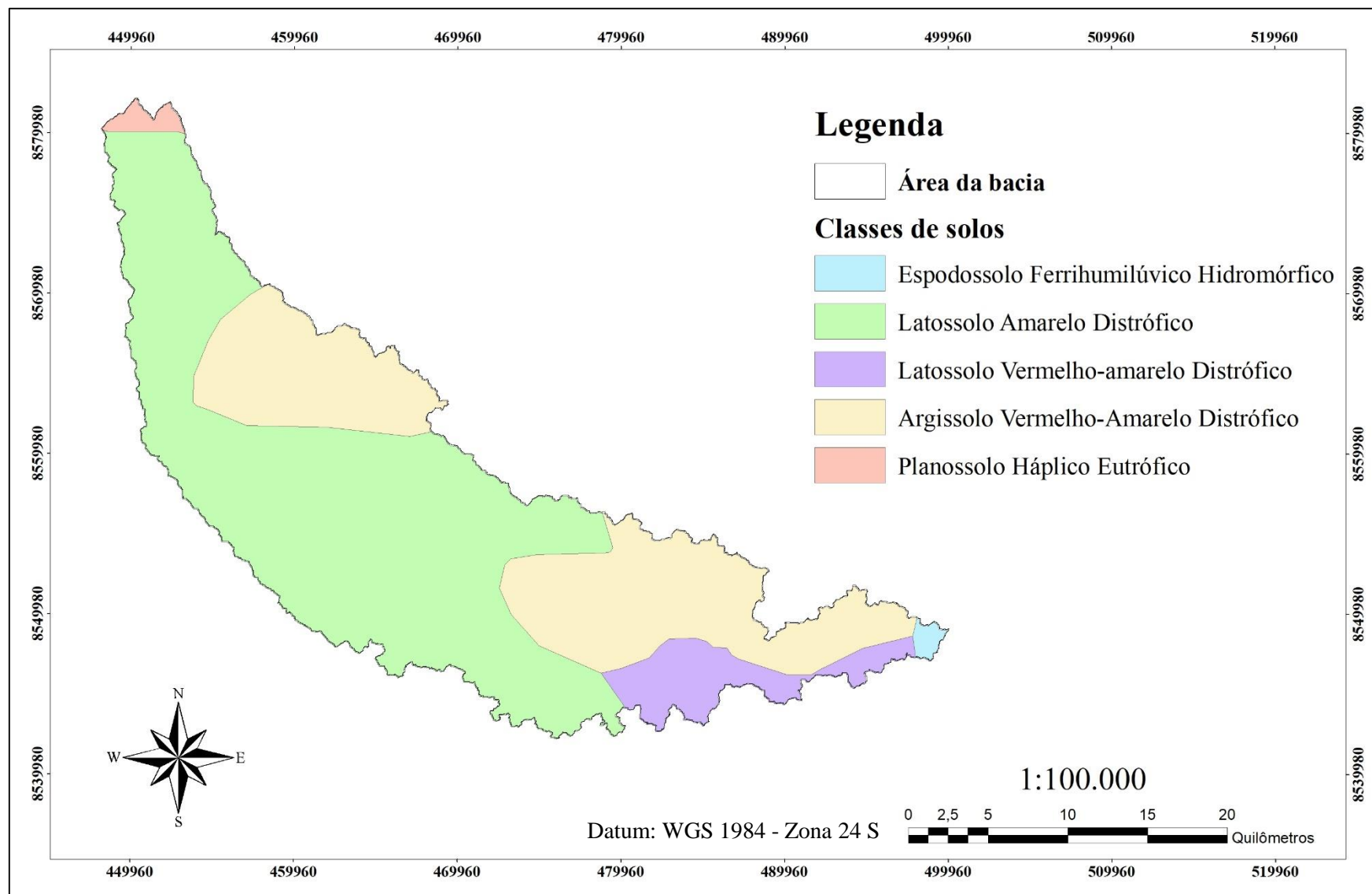
**Fonte:** Adaptado Santos et al., 2010.



**Figura 2** – Fluxograma das principais atividades desenvolvidas.



**Figura 3** – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.



**Figura 4** – Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona, adaptado de Embrapa (2011).



## 4.2 Modelagem da Equação Universal de Perda do Solo

A EUPS (Equação 1), foi adotada para estimar a perda de solo da bacia hidrográfica em estudo. EUPS é uma formulação empírica, que foi proposta por Weischmeier & Smith (1978), que tem o objetivo de auxiliar na estimativa de perda anual de solo que é ocasionada por erosão (OLIVEIRA, 2011).

$$A = R * K * L * S * C * P \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

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

$R$  = Fator erosividade da chuva ( $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ );

$K$  = Fator erodibilidade do solo ( $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ );

$L$  = Fator comprimento de rampa (adimensional);

$S$  = Fator declividade (adimensional);

$C$  = Fator uso e manejo (adimensional);

$P$  = Fator prática conservacionista (adimensional).

Para a classificação do grau de erosão hídrica, foi utilizada a classificação sugerida por Riquier (1982), em que os valores foram classificados em quatro classes (Tabela 3), variando de nulo a muito forte, sendo que as classes de forte e muito forte são os valores acima dos limites toleráveis, caracterizando áreas susceptíveis à forte erosão ou áreas induzidas por deslizamentos e voçorocas (BERNAL, 2016).

**Tabela 3** – Classificação do grau de degradação à perda de solo por erosão, sugerida por Riquier (1982).

Classes	Erosão Hídrica ( $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ )
Nula a pequena	<10
Moderada	10 – 15
Forte	50 – 200
Muito forte	>200

#### 4.2.1 Fator R: Erosividade da Chuva

O fator R é um índice que representa a capacidade da chuva e enxurrada provocar erosão em uma área desprotegida e é representada pelo produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em trinta minutos (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Diante da ausência de dados de intensidade de chuva (EI), foi utilizada a equação proposta por Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) para o cálculo do EI (Equação 2).

$$R = \Sigma EI = 67,355 \left( \frac{r^2}{P} \right)^{0,850} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$R$  = Erosividade da chuva;

$EI$  = Erosividade média mensal (MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h.ano<sup>-1</sup>);

$r$  = Precipitação média mensal (mm);

$P$  = Precipitação média anual (mm).

Através do somatório de cada chuva, obteve o valor mensal e pelo somatório dos valores mensais, obteve-se os valores anuais. Foi utilizado uma série histórica de 30 anos de registros de chuvas, dado que quanto maior a série histórica mais correta é a informação.

Esses dados foram compilados no *software* Excel 2016, calculando as precipitações médias e mensais e assim determinando os valores da erosividade da área em estudo utilizando a Equação 2. Posteriormente os dados foram interpolados no *software* ArcGIS 10.4, com a extensão *Spatial Analyst* gerando uma superfície *raster* representando assim os valores do fator R.

#### 4.2.2 Fator K: Erodibilidade do Solo

De acordo com Bellinaso (2002), o fator erodibilidade está diretamente relacionado às propriedades referentes ao solo que afetam a sua susceptibilidade à erosão, ou seja, a facilidade no qual as partículas do solo são deslocadas pelo impacto direto das gotas de chuva.

As diferentes propriedades químicas e físicas referentes a cada tipo de solo, como: textura, teor de matéria orgânica, granulometria, grau de permeabilidade, densidade e outras propriedades biológicas e mineralógicas dos solos, determinarão os valores de erodibilidade causada pela água (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2009; SILVA et al., 2007; SALOMÃO, 1999).

Neste estudo, optou-se por utilizar a equação proposta por Denardin (1990) (Equação 3), e para determinar as propriedades de cada tipo de solo foram utilizados os dados descritos por Bernal (2016), em que foi realizado um estudo com a Região Hidrográfica do Atlântico Leste, na qual a Bacia do Rio da Dona está inserida.

$$K = 0,00608397 (x_1) + 0,00834286 (x_2) - 0,00116162 (x_3) - 0,00037756 (x_4) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$K$  = Erodibilidade do solo (t.ha.h.ha<sup>-1</sup>.MJ.mm);

$x_1$  = Código de permeabilidade do solo, proposta por Denardin (1990);

$x_2$  = Teor de matéria orgânica (%carbono orgânico x 1,72), valor expresso em porcentagem;

$x_3$  = Teor de óxido de alumínio extraíveis pelo ataque ácido sulfúrico, valor expresso em porcentagem;

$x_4$  = Teor de partículas com diâmetro em 2,0 a 0,5 mm, valor expresso em porcentagem.

Com o auxílio do *software* Excel - 2016 foi calculado o fator  $K$  para cada classe de solo utilizando a equação 3, após esse procedimento foi utilizado o programa ArcGIS 10.4, com a extensão *Spatial Analyst*, para atribuir os valores  $K$  para cada classe e assim gerando uma superfície *raster*.

Os valores obtidos de  $K$  foram classificados de acordo com Mannigel et al. (2002), conforme a Tabela 3.

**Tabela 4** – Classes do fator  $K$  conforme Mannigel et al. (2002).

<b>Classes</b>	<b>Valores de K</b>
<b>&lt;0,0090</b>	Muito baixo
<b>0,0090 – 0,0150</b>	Baixo
<b>0,0150 – 0,0300</b>	Médio
<b>0,0300 – 0,0450</b>	Alto
<b>0,0450 – 0,0600</b>	Muito alto
<b>&gt;0,0600</b>	Extremamente alto

### 4.2.3 Fator LS: Fatores topográficos

Os fatores topográficos são a combinação do comprimento de rampa (L) e a declividade (S), esses fatores inferem a modificação da ação erosiva exercida pela água das chuvas sobre os solos. A intensidade da erosão hídrica é grandemente afetada por esses fatores diante que com o aumento do comprimento de rampa e da declividade, acelera o processo erosivo, pois aumenta o volume de água que escoar através de uma seção transversal à vertente e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de remoção dos materiais em suspensão.

O MDE utilizado neste trabalho é de origem da missão SRTM, descrito anteriormente. Assim foi possível obter o mapa de declividade utilizando o programa ArcGIS 10.4. Para obter o fator LS, primeiramente foi calculado o L, através da equação proposta por Desmet & Govers (1996) (Equação 4), no qual desenvolveu essa equação a partir da metodologia de Foster & Wischmeier (1974).

$$L_{ij} = \frac{[(A_{ij-in} + D^2)^{m+1} - (A_{ij-in})^{m+1}]}{[D^{m+2} * X_{ij}^m (22,13)^m]} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$L_{ij}$  = Comprimento de rampa;

$A_{ij}$  = Área de contribuição da célula com coordenada (i,j) em m<sup>2</sup>;

$D$  = Tamanho da célula (m);

$m$  = Expoente da função da declividade da célula com a coordenadas (i,j);

$X$  = Coeficiente da função do aspecto da direção da quadrícula da célula com coordenadas (i,j).

Para o cálculo da constante “m” empregou a metodologia de Foster et al. (1977), através da equação:

$$m = \frac{\beta}{(1+\beta)} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$\beta$  = Razão entre erosão por sulco e a erosão entre sulcos.

O cálculo da constante “ $\beta$ ” foi utilizada a equação proposta por McCool et al. (1989), que computou os valores para as condições em que o solo é moderadamente susceptível tanto para erosão entre sulcos quanto em sulcos, cuja a expressão é:

$$\beta = \frac{(\text{sen}\theta/0,0896)}{[3*(\text{sen}\theta)^{0,8}+0,56]} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

$\theta$  = Declividade da encosta, em graus.

Para determinar o fator S foi empregada a metodologia proposta por McCool et al. (1997) pelas equações 7 e 8.

$$S = 10,8 \text{ sen } \theta + 0,03 \text{ para } \tan \theta < 0,09 \quad \text{Equação 7}$$

$$S = 16,8 \text{ sen } \theta - 0,50 \text{ para } \tan \theta \geq 0,09 \quad \text{Equação 8}$$

Utilizando-se as equações 5 e 6 e as outras variáveis da Equação 4 obteve-se o mapa do fator de comprimento de rampa (L), pela metodologia de Desmet & Govers (1996), enquanto o mapa do fator de declividade (S), foi obtido pela equação McCool et al. (1997), e o mapa do fator LS, foi o resultado da multiplicação do fator L e S, todos os fatores foram obtidos com o auxílio do programa ArcGIS 10.4, com extensão *Spatial Analyst – Map Algebra*.

#### **4.2.4 Fator C e P: Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas**

A cobertura vegetal diminui a quantidade de energia cinética que chega ao solo durante a chuva e, além disso, ela também reduz os processos erosivos nas formas de escoamento das enxurradas aumentando a capacidade e o tempo de infiltração da água das chuvas. Os fatores uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas (P) infere a influência da cobertura vegetal na determinação das perdas de solo por erosão laminar em áreas cultivadas.

O fator P atua nas perdas e nos processos erosivos e variam conforme o tipo de cultura agrícola, enquanto o fator C é a relação entre as perdas correspondentes de um solo mantido descoberto e as perdas de solos de uma área cultivada em determinado manejo.

Para obtenção dos fatores C e P, foi realizado um mapeamento do uso da terra da área em estudo e reclassificado de acordo com a metodologia proposta por Stein et al. (1987), que atribui categorias aos diversos usos da terra e, além disso, avalia os dois fatores conjuntamente, considerando o valor de  $P=1$ , devido à impossibilidade de verificação das práticas conservacionistas na área em estudo, essa é a metodologia mais ideal para a área.

O mapa do fator C e P foi gerado utilizando o programa ArcGIS 10.4, com o auxílio da extensão *Spatial Analyst – Map Algebra*, gerando o *raster* referente a esse fator.

#### **4.2.5 Álgebras dos mapas**

A partir de todos os mapas confeccionados e convertidos para o formato matricial (*raster*), foi possível a multiplicação dos mapas no ArcGIS 10.4, com a ferramenta *Spatial Analyst – Map Algebra – Raster Calculator*.

Primeiramente foi definido o mapa de PNE, que está relacionado aos parâmetros físicos do meio. Estimado através da multiplicação dos fatores R, K e LS. Posteriormente foi gerado o mapa de Perda de Solo, definido pela multiplicação dos mesmos fatores do PNE, porém foi adicionado o fator C e P, que é o fator que se refere a cobertura vegetal.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Fatores da Equação Universal de Perdas de Solos

#### 5.1.1 Fator R: Erosividade da Chuva

A tabela 5 e as figuras 5 e 6 apresenta a distribuição da precipitação total anual e o índice de erosividade da chuva para a bacia em estudo. O índice de erosividade variou de 3.383,5 a 7.074,5 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h.ano<sup>-1</sup>, a precipitação da área de estudo é semelhante ao encontrado por Bernal (2016), para região Hidrográfica do Atlântico Leste, na qual a bacia está inserida.

Os maiores índices de erosividade estão distribuídos ao longo da bacia e os menores índices estão localizados no alto curso da bacia, conforme os locais em que há maior e menor índice pluviométrico. Oliveira (2011), observou que em locais com maiores índices de erosividade, também há uma maior perda de solos, devido ao escoamento superficial ser maior, e, além disso, locais sem cobertura do solo também vão apresentar maiores índices de escoamento superficial, e com isso uma maior perda de solo.

**Tabela 5** – Dados pluviométricos utilizados na avaliação do Fator R.

CÓDIGO	ESTAÇÃO	COORDENADAS	MUNICÍPIO	MÉDIA ANUAL	R - EROSIVIDADE
1239002	Castro Alves	12° 46' 0,12" S e 39° 25' 0,12" W	Castro Alves	728,6	3383,5
1239022	Santo Antônio de Jesus	12° 58' 0,12" S e 39° 15' 0,00" W	Santo Antônio de Jesus	1078,9	4658,5
1239023	Santo Antônio de Jesus	12° 58' 0,12" S e 39° 16' 0,12" W	Santo Antônio de Jesus	1381,8	5724,6
1239026	Castro Alves (VFFLB)	12° 46' 0,12" S e 39° 25' 0,12" W	Castro Alves	767,8	3921,6
1339024	São Miguel das Matas (EFN)	13° 1' 0,12" S e 39° 27' 0,00" W	São Miguel das Matas	986,0	4837,9
1339029	Laje	13° 10' 0,12" S e 39° 25' 0,12" W	Laje	1333,0	5684,8
1339034	Nazaré	13° 1' 50,88" S e 39° 1' 55,92" W	Nazaré	1649,1	7074,5
1339036	Laje	13° 10' 54,84" S e 39° 25' 30,00" W	Laje	1163,2	5356,2

De acordo com a classificação de Carvalho (2008), apresentado na tabela 6, apenas 7,5% da área da bacia foi classificada como erosividade média, enquanto 92,5% foi classificada com valores de erosividade média a forte. Machado et. al. (2008), em estudo da erosividade das chuvas da região de Ribeirão das Lajes (RJ) inserido no bioma da Mata Atlântica, encontrou

valores de erosividade média a forte. Valores de erosividade alta ocorrem devido as características da região de Mata Atlântica, em que a pluviosidade é alta ao longo de todo o ano. Portanto a erosividade da chuva é um fator bastante importante para o cálculo final da estimativa de perdas de solos para esta região.

**Tabela 6** – Classes do fator R conforme Carvalho (2008).

<b>Erosividade (MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Classe de Erosividade</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>R &lt; 2452</b>	Erosividade fraca	0,00	0,0
<b>2452 &lt; R &lt; 4905</b>	Erosividade média	4.983,57	7,5
<b>4905 &lt; R &lt; 7357</b>	Erosividade média a forte	61.786,98	92,5
<b>7357 &lt; R &lt; 9810</b>	Erosividade forte	0,00	0,0
<b>R &gt; 9810</b>	Erosividade muito forte	0,00	0,0



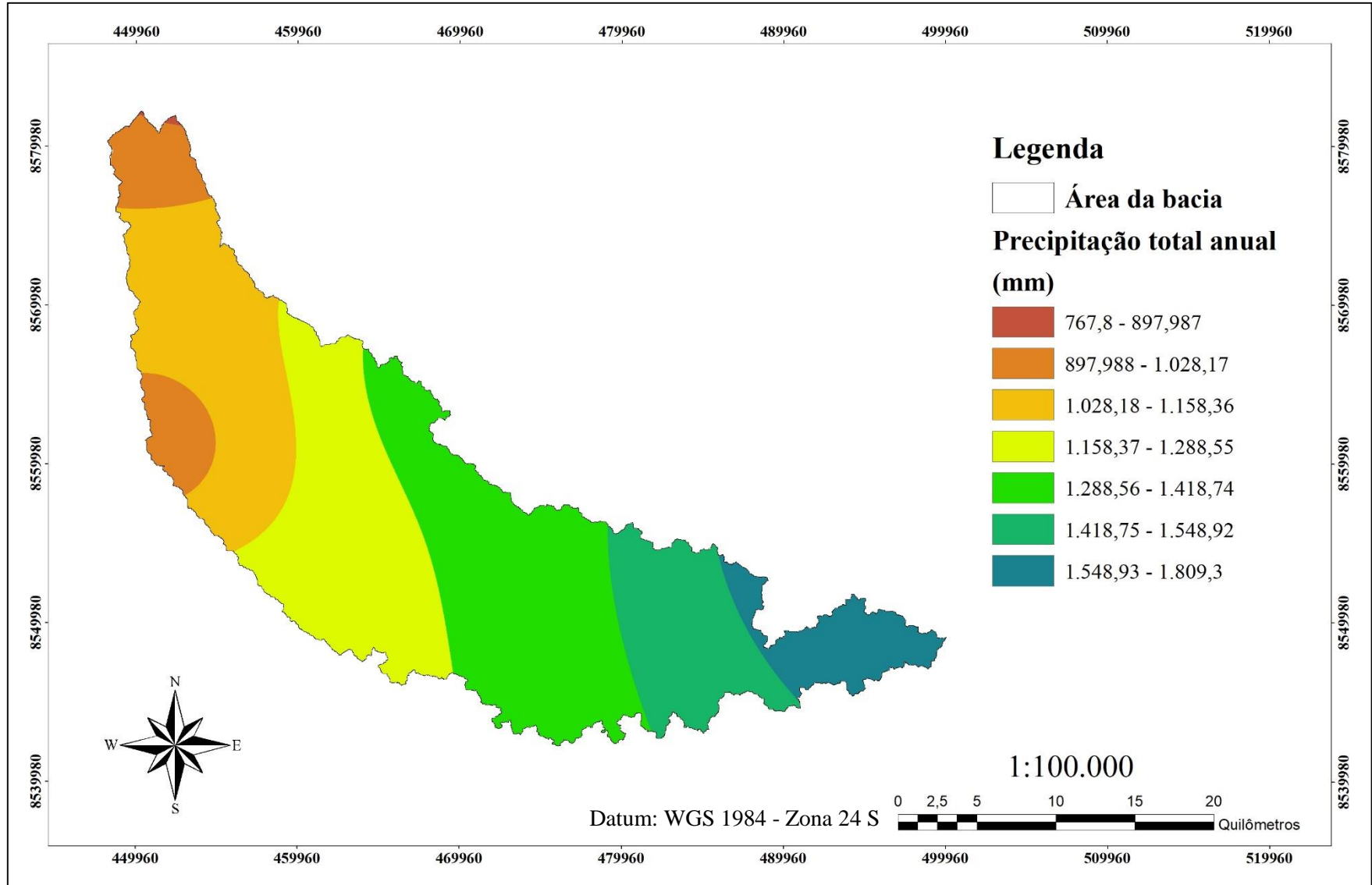
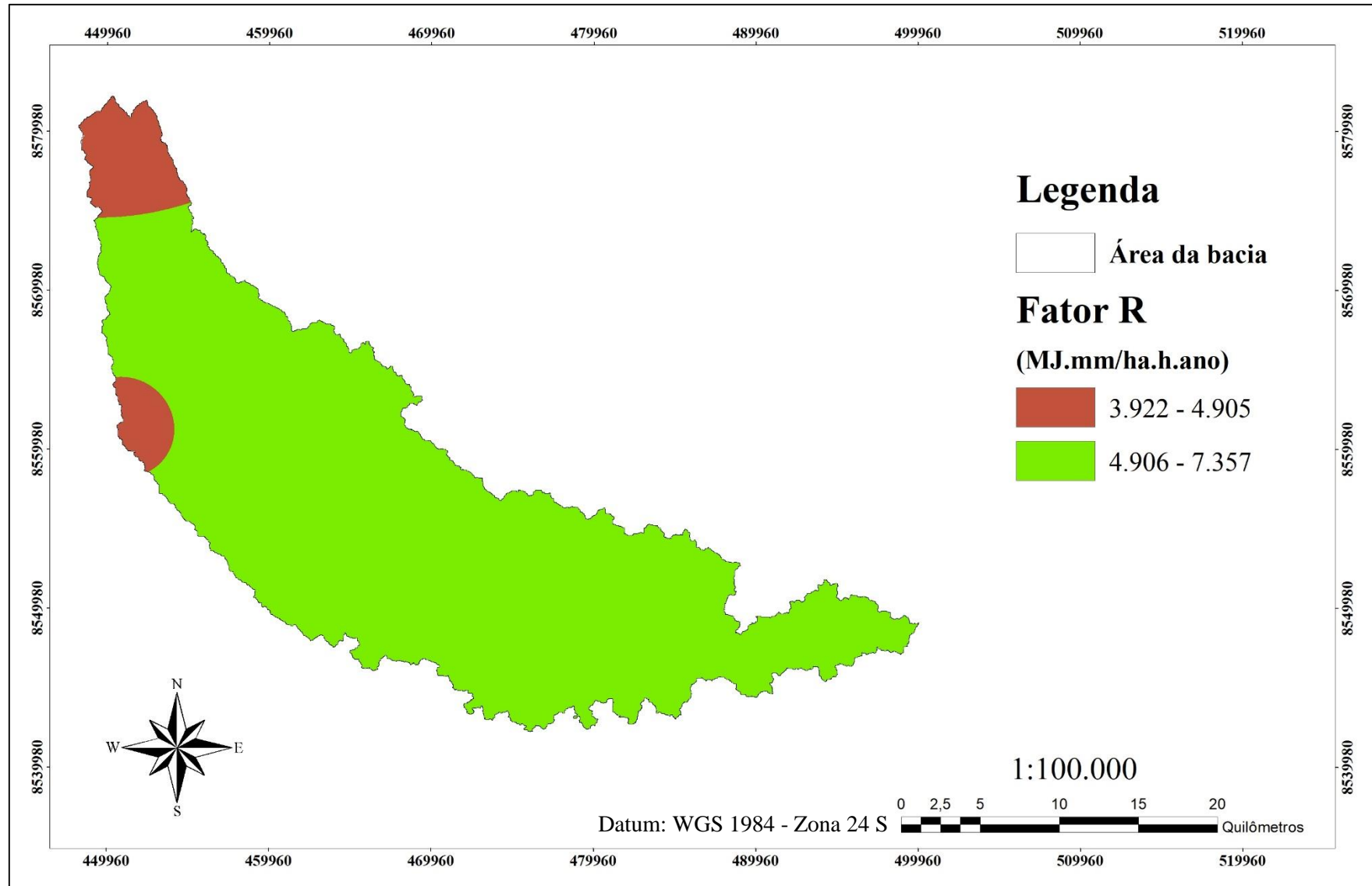


Figura 5 – Mapa de Precipitação da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.



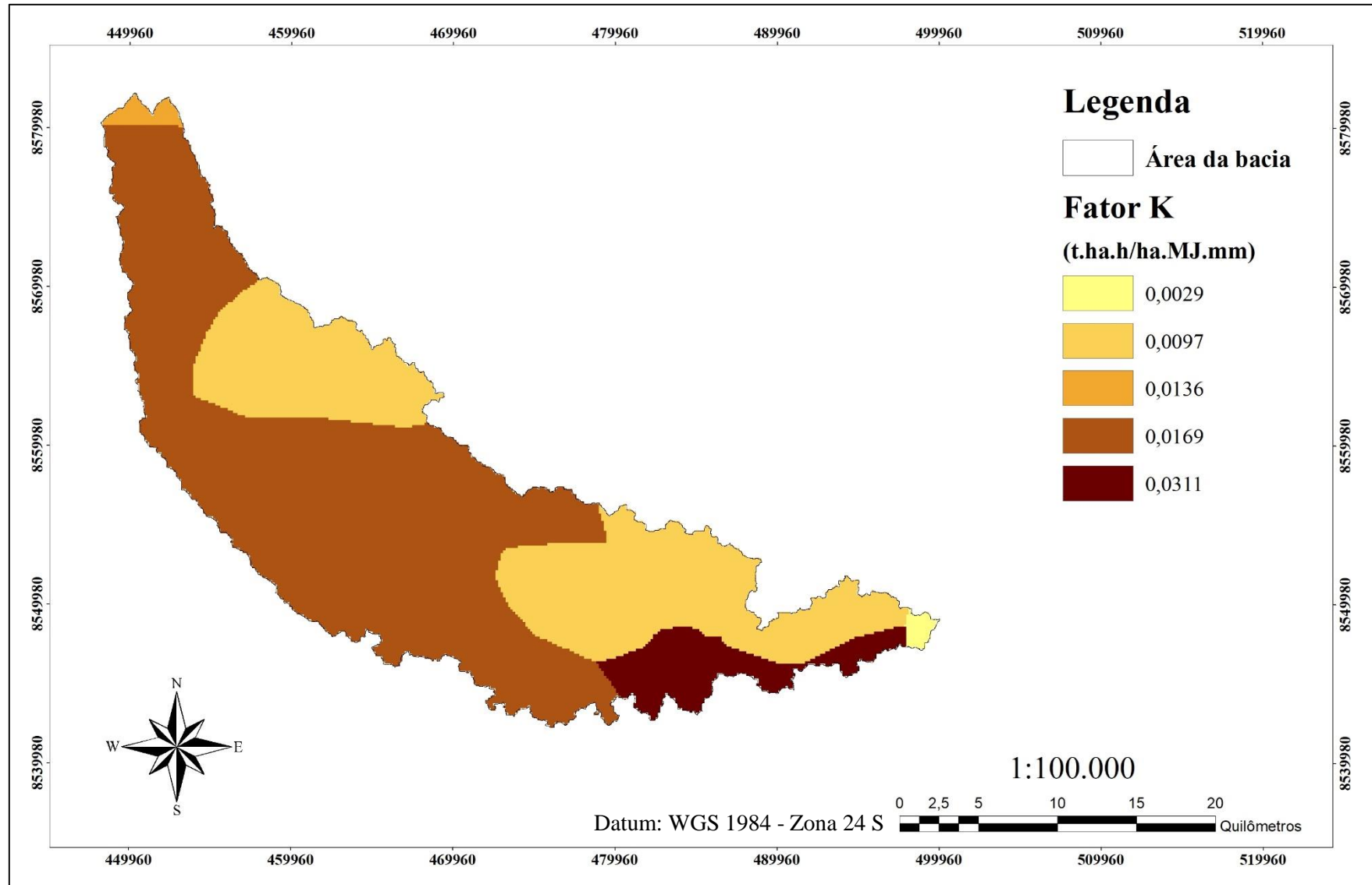
**Figura 6** – Mapa do Fator R da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.

### 5.1.2 Fator K: Erodibilidade do Solo

O índice do fator K está diretamente relacionado aos tipos de solos existente na bacia. Conforme a Tabela 7 e a Figura 7, o índice de erodibilidade do solo variou de 0,0029 a 0,0311 t.ha.h.ha<sup>-1</sup>.MJ.mm. O tipo de solo de maior predominância na bacia em estudo é o Latossolo Amarelo Distrófico (59,2%), que de acordo com a classificação de Mannigel et. al. (2002) infere médio grau de susceptibilidade da bacia a erosão. Segundo Ageitec (Agência Embrapa de Informação Tecnológica), o Latossolo Amarelo Distrófico, são solos constituído de materiais areno-argilosos ou argilosos, com elevada coesão dos agregados estruturais, boa permeabilidade e retenção de umidade, possui problemas de compactação e por conta disso o enraizamento é limitado em profundidade e, além disso, são solos de baixa fertilidade por ser distrófico.

**Tabela 7** – Índice de erodibilidade do solo para a respectiva área ocupada na bacia em estudo.

Solo	Descrição do Solo	Área (ha)	Área (%)	Fator K (t.ha.h.ha <sup>-1</sup> .MJ.mm)	Nível
<b>PVAd</b>	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	21.934,0	32,8	0,0097	Baixo
<b>ESKg</b>	Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico	340,5	0,5	0,0029	Muito Baixo
<b>LAd</b>	Latossolo Amarelo Distrófico	39.518,2	59,2	0,0169	Médio
<b>LVAd2</b>	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	4.385	6,6	0,0311	Alto
<b>SXe</b>	Planossolo Háptico Eutrófico	602,7	0,9	0,0136	Baixo



**Figura 7** – Mapa de Fator K da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.

### 5.1.3 Fator LS: Fatores Topográficos

Na confecção do mapa do fator LS foram utilizados o MDE e a declividade da bacia. Conforme dados do MDE (Figura 8) a altitude máxima da bacia é de 823 m. A declividade (Tabela 8 e Figura 9) foi dividida em 5 classes de acordo com o proposto de Ruthes et. al. (2012). Identificou-se um relevo suave ondulado de 30,30% de sua área, contudo, o relevo ondulado que predomina com 45,27% da área da bacia, podendo assim afirmar que o escoamento superficial da bacia se dá de forma rápida, e conseqüentemente exercendo uma grande influência na ação erosiva.

**Tabela 8** – Classes de declividade proporcional à área total da bacia em estudo.

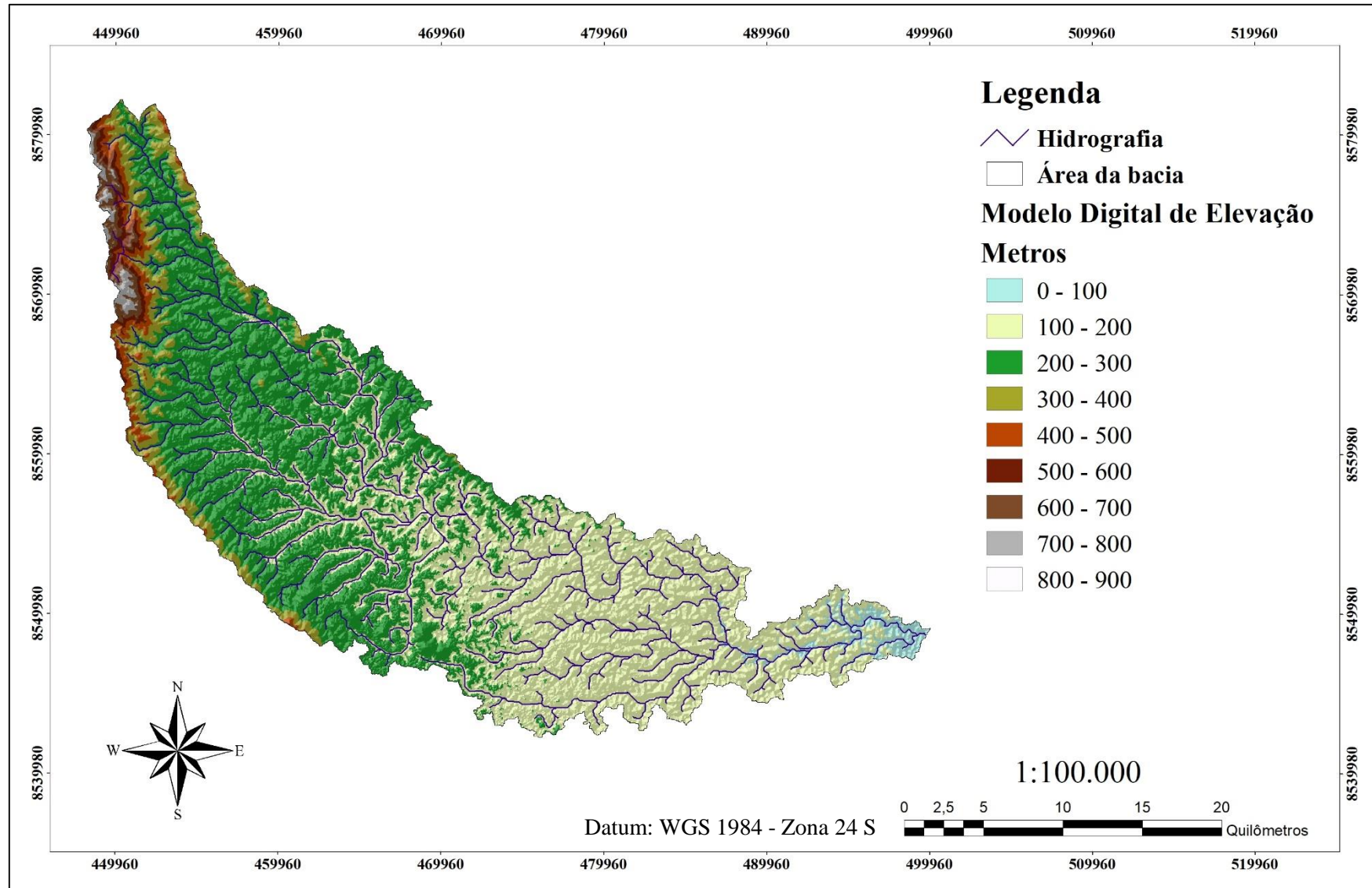
<b>Declividade</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Classificação</b>
<b>0 – 3</b>	12.334,05	19,03	Plano
<b>3 – 8</b>	19.642,23	30,30	Suave Ondulado
<b>8 – 20</b>	29.349,00	45,27	Ondulado
<b>20 – 45</b>	3.490,29	5,38	Forte Ondulado
<b>45 – 75</b>	10,17	0,02	Montanhoso

O fator LS (Figura 10) variou aproximadamente de 0,030 a 156,32 (valor adimensional). Como apresentado na Tabela 9 o primeiro intervalo (0 – 5) compreendeu a maior parte da bacia com 99,77%, que de acordo com Beskow et al. (2009), o fator LS até 5 representa uma moderada susceptibilidade a erosão, enquanto os índices acima de 10 são caracterizados como uma elevada susceptibilidade à erosão. Os valores acima de 10 encontram-se no alto curso da bacia onde a declividade também é maior.

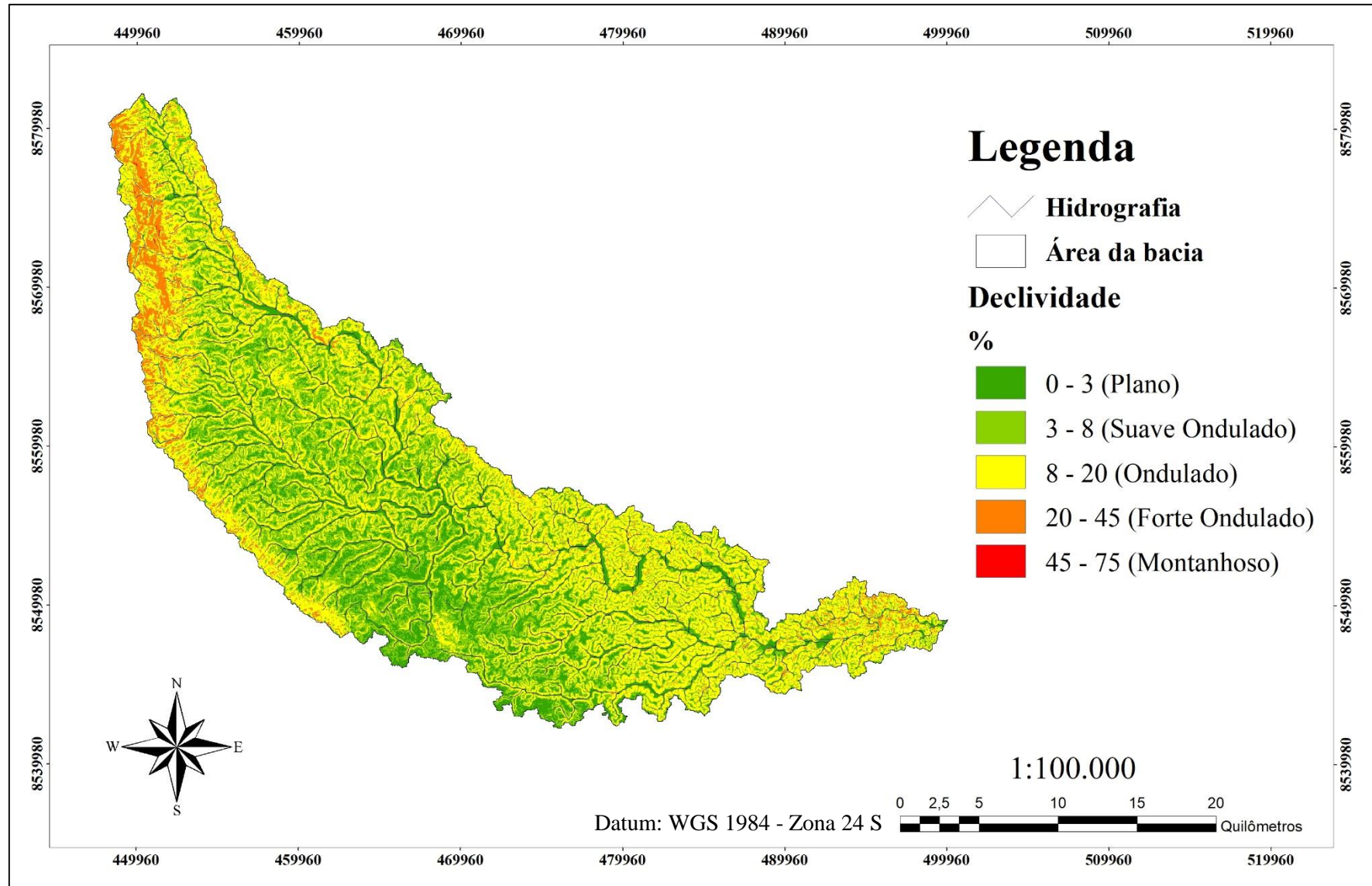
Conforme os valores de LS encontrados, devido ao seu relevo há uma baixa vulnerabilidade à erosão na bacia hidrográfica do Rio da Dona.

**Tabela 9** – Classes do Fator LS proporcional à área total da em estudo.

<b>Intervalo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
<b>0 – 5</b>	64.674,63	99,767
<b>5 – 10</b>	104,67	0,161
<b>10 – 50</b>	42,57	0,066
<b>50 – 100</b>	3,15	0,005
<b>&gt;100</b>	0,72	0,001

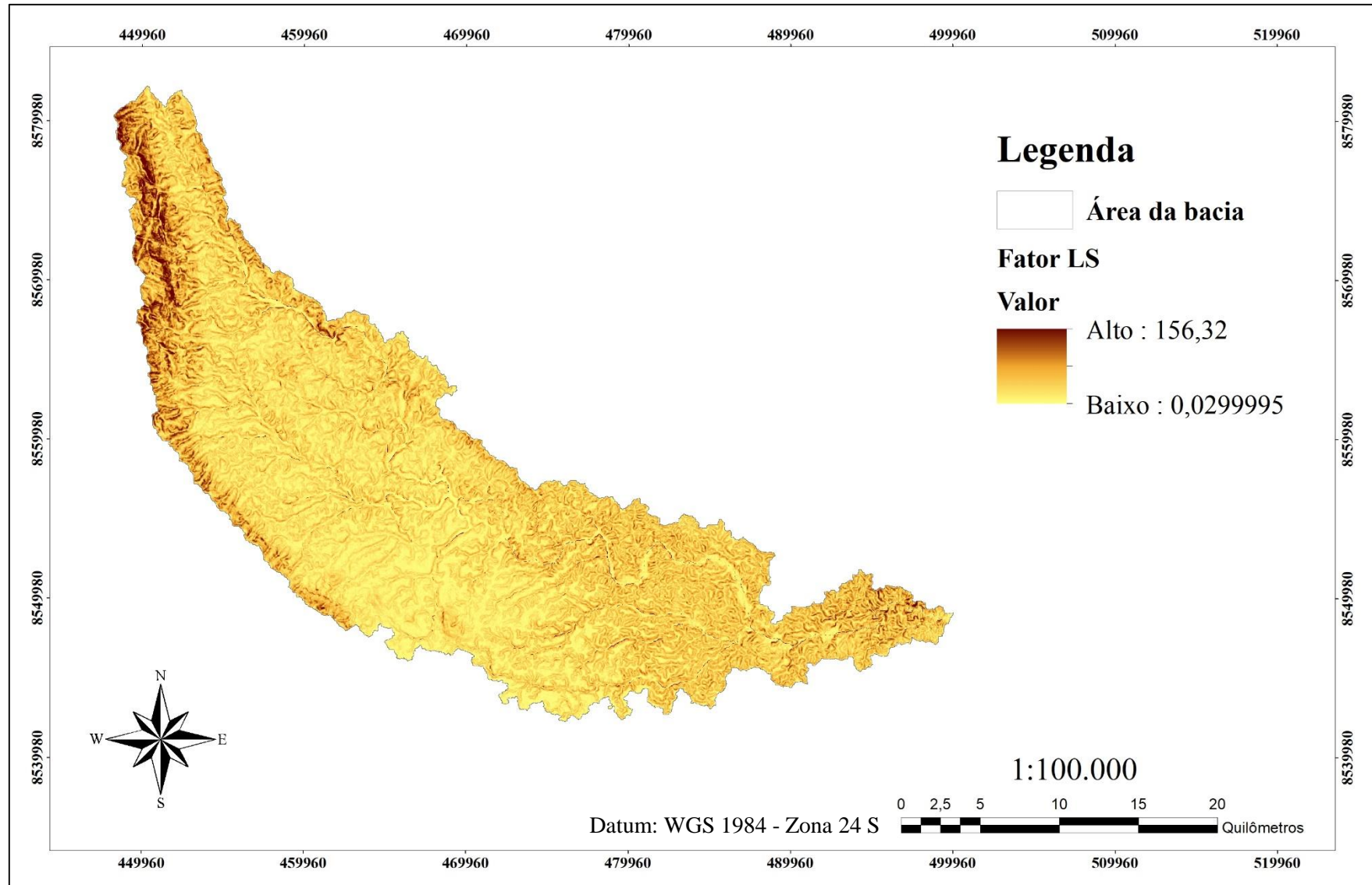


**Figura 8** – Mapa do Modelo Digital de Elevação da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.



**Figura 9** – Mapa da Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.





**Figura 10** – Mapa do Fator LS da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.



### 5.1.4 Fator C e P: Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas

A tabela 10, pode-se observar a acurácia da classificação. Os valores da diagonal (em negrito) correspondem às amostras de cada classe classificada corretamente. Diante do observado apenas a classe de Solo Exposto apresentou um índice baixo com 53,16% de nível de acertos.

No geral, a imagem classificada apresentou um índice Kappa de 0,92 que conforme Santos et al. (2010) é considerada como excelente. Esse mesmo valor foi encontrado por Santos, Rocha & Silva (2014), no qual foi aplicado o índice Kappa na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana – BA.

**Tabela 10** – Matriz de erro da classificação pelo MAXVER.

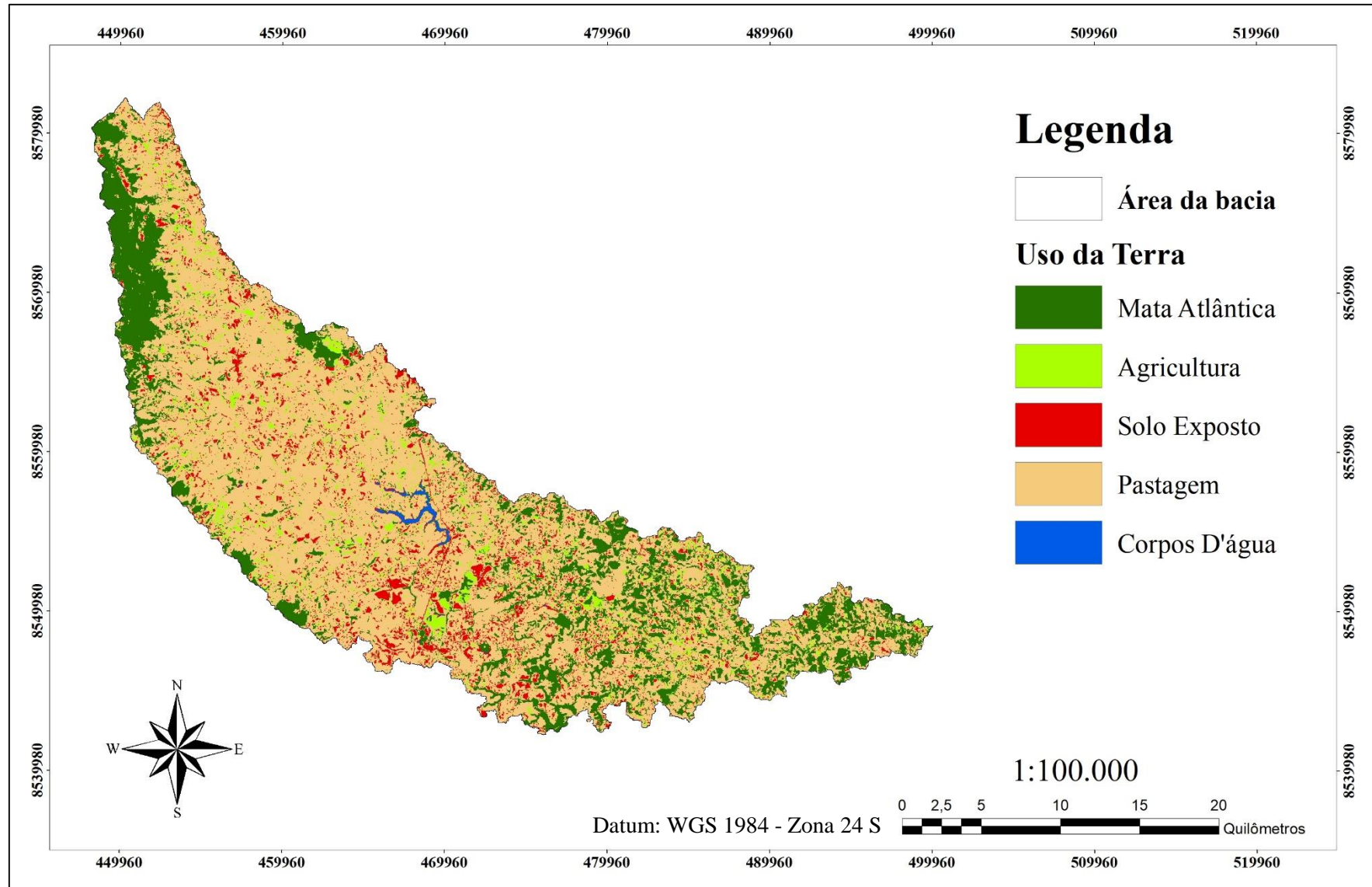
Classes	Mata Atlântica	Agricultura	Solo Exposto	Pastagem	Corpos d'água	Soma da linha
<b>Mata Atlântica</b>	<b>456.300</b>	0	0	0	0	456.300
<b>Agricultura</b>	0	<b>125.100</b>	0	0	0	125.100
<b>Solo Exposto</b>	0	0	<b>37.800</b>	0	2.700	40.500
<b>Pastagem</b>	3.600	900	33.300	<b>131.400</b>	0	169.200
<b>Corpos d'água</b>	0	0	0	0	<b>72.000</b>	72.000
<b>Soma das colunas</b>	459.900	126.000	71.100	131.400	74.700	-
<b>Acertos (%)</b>	99,22	99,29	53,16	100,00	96,39	-

**Exatidão global = 0,95; Índice Kappa = 0,92.**

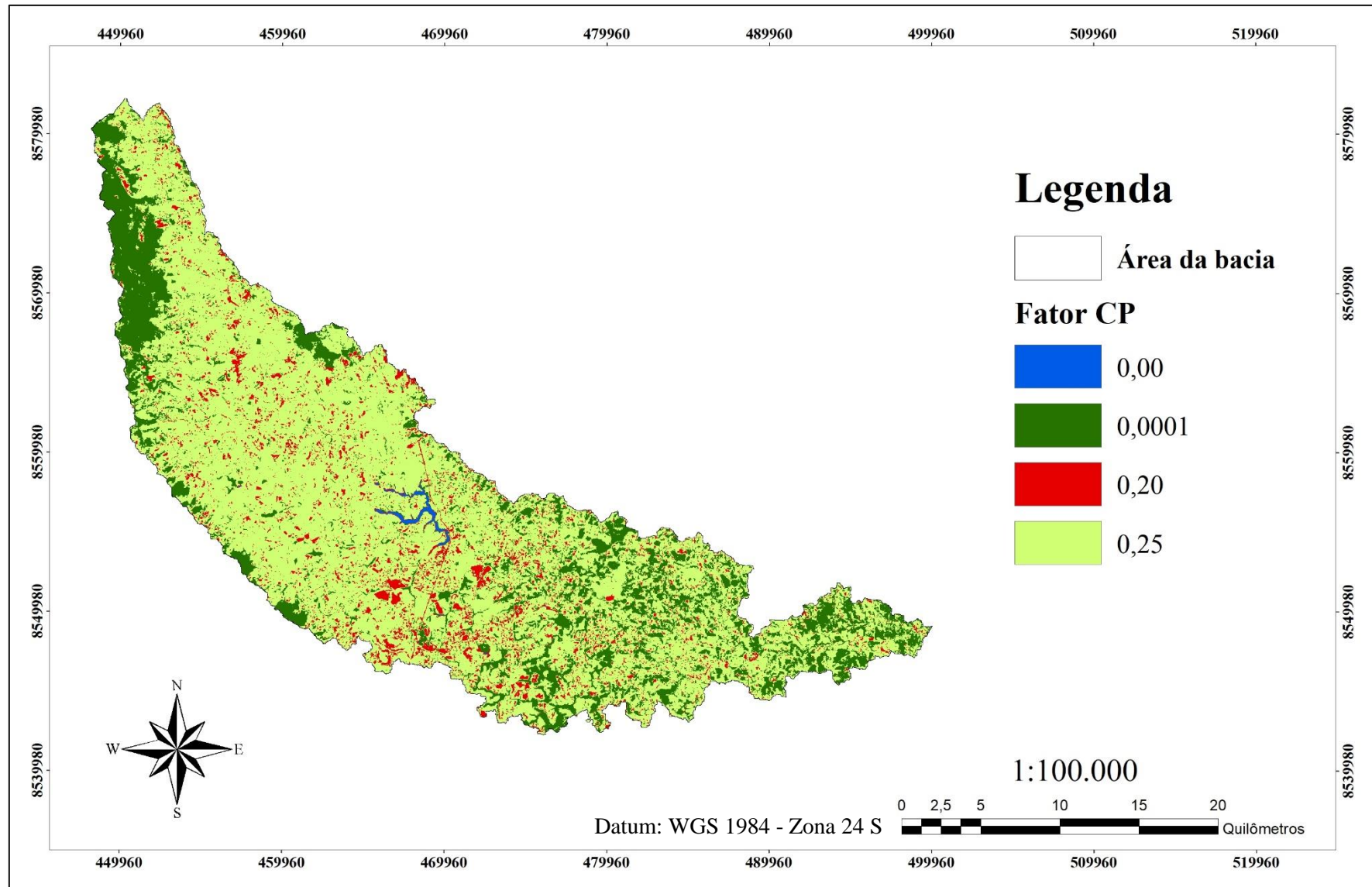
De acordo com o mapa de uso das terras (Figura 11) a predominância é de pastagem, seguido de mata atlântica, solo exposto e agricultura. A tabela 11 mostra o percentual da ocupação da área para os diferentes valores do fator C e P e a figura 12 mostra sua distribuição dentro da área da bacia. Os maiores valores correspondem a 0,20 e 0,25, que estão atribuídos as classes de rochas e solos nu ou com vegetação dispersa e as agriculturas e pastagens permanentes e dominantes. Segundo Bernal (2016), quanto maior for o valor de C e P maior será a susceptibilidade do solo a erosão, o que pode-se afirmar que a bacia em estudo tem uma maior susceptibilidade a erosão de acordo com a vegetação de predominante.

**Tabela 11** – Fator C e P para cada uso da terra.

<b>Uso da Terra</b>	<b>Fator CP</b>	<b>Hectares</b>	<b>Área (%)</b>
<b>Corpos d'água naturais e artificiais</b>	0,00	187,02	0,28
<b>Florestas ombrófilas densa</b>	0,001	13.475,52	20,18
<b>Agriculturas e pastagens permanentes e dominantes</b>	0,25	48.217,68	72,19
<b>Rochas e solos nu ou com vegetação dispersa</b>	0,20	4.908,06	7,35



**Figura 11** – Mapa do Uso das terras da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.



**Figura 12** – Mapa do Fator C e P da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.

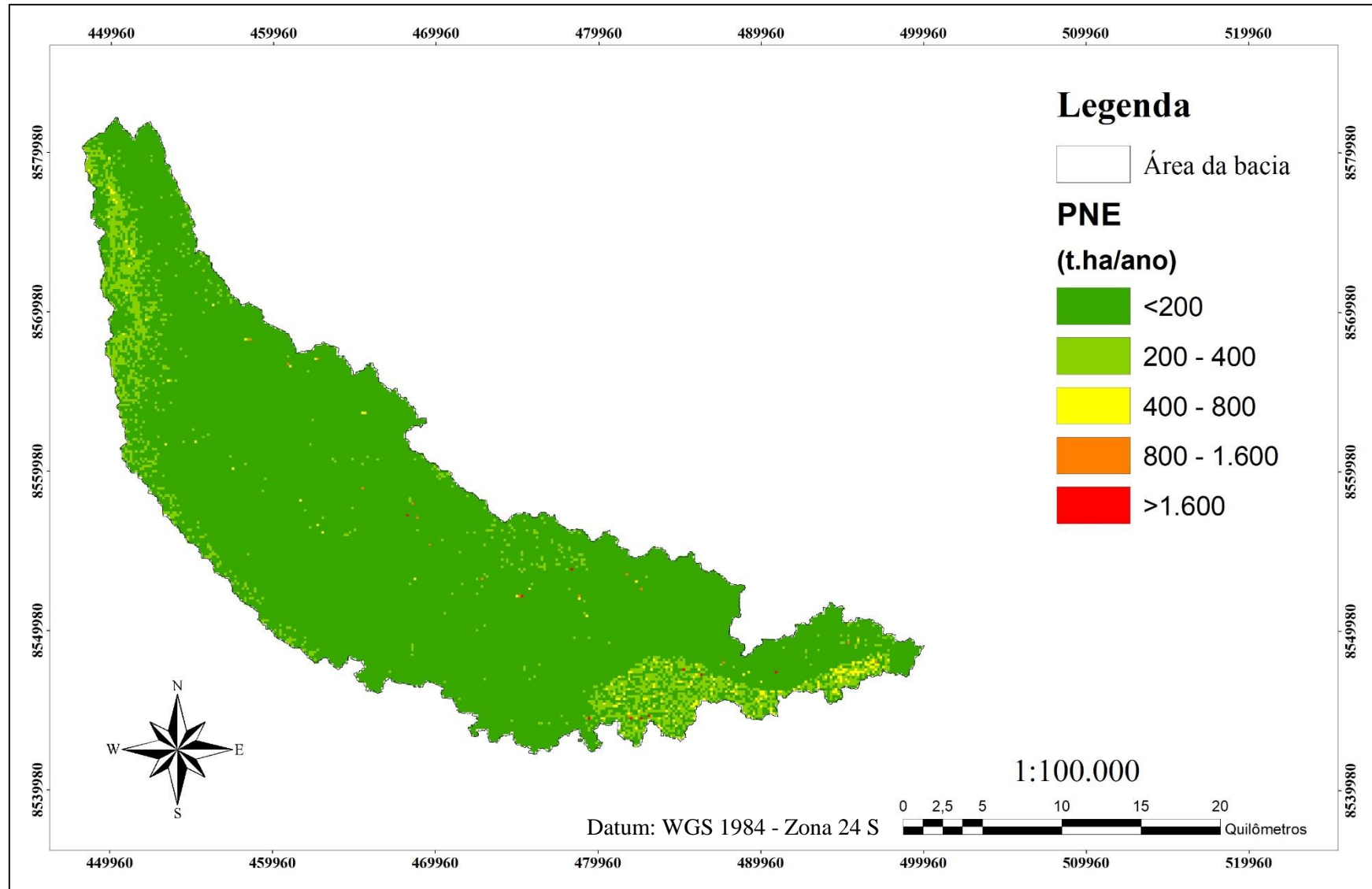
## 5.2 Potencial Natural a Erosão (PNE)

Sabe-se que o PNE é calculado discriminando uso e manejo e práticas conservacionistas (Fator C e P) de uma bacia, ou seja, considerando uma área sem nenhum tipo de cobertura vegetal. De acordo com Stein et al. (1987), os valores de PNE servem apenas para classificar qualitativamente a maior ou a menor susceptibilidade à erosão de uma área.

Conforme a figura 13 o PNE variou de 1,45 a 3.572,55 t.ha<sup>-1</sup>.ano, com uma média de 119,50 t.ha<sup>-1</sup>.ano. Diante da distribuição de classes da bacia mostra-se que as maiores perdas de solos estão concentradas no alto e baixo curso da bacia. Isso ocorre devido ao fator topográfico e a erodibilidade do solo. De acordo com a classificação proposto por Fernandez (1996) disposta na tabela 12, as áreas mais sujeitas à erosão (PNE > 400 t.ha<sup>-1</sup>.ano), correspondem a 0,81% da área da bacia, enquanto as áreas menos susceptíveis (PNE < 400 t.ha<sup>-1</sup>.ano) englobam 99,19% da área da bacia, podendo assim afirmar que a bacia possui um PNE de muito baixo a baixo.

**Tabela 12** – Quantificação do PNE para bacia em estudo.

<b>Classes (t.ha<sup>-1</sup>.ano)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Nível</b>
<b>&lt;200</b>	61.427,10	91,98	Muito baixo
<b>200 – 400</b>	4.811,84	7,21	Baixo
<b>400 – 800</b>	479,53	0,72	Moderado
<b>800 – 1.600</b>	37,80	0,06	Alto
<b>&gt;1600</b>	23,62	0,04	Muito alto



**Figura 13** – Mapa do Potencial Natural a Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.

### 5.3 A: Perda de solo

As perdas de solo estimada para a bacia em estudo apresentam uma média de 21,19 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e quando comparado ao PNE médio anual, 119,50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, pode-se concluir que a perda de solo corresponde a 18% do PNE, deste modo, a cobertura vegetal é um fator essencial para a bacia em estudo.

Para a classificação da estimativa de perda de solo (Figura 13), utilizou a proposta de Riquier (1984), disposta em quatro classes e conforme a tabela 13, observa-se que 51,14% da área da bacia apresentou perdas de solos menor que 10 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, caracterizando uma erosão de nula a pequena, enquanto 44,78% da área da bacia apresentou uma perda de 10 a 50 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, conferindo uma erosão moderada.

O local com as maiores perdas de solo corresponde a 4,08% da área em estudo, e esse índice de perdas alto, pode ser devido as características do solo, tendo em vista que o solo presente na área possui uma alta erodibilidade, conferindo assim uma maior susceptibilidade a erosão.

Bernal (2016), em estudo das perdas de solo para as Bacias Hidrográficas do Atlântico Leste, foi possível observar que 97% da área total da bacia do Capivari apresenta valores de perdas de solos até 200 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, esse valor é próximo ao encontrado para a bacia em estudo, em que 99,96% da área apresentou valor de até 200 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Tabela 13).

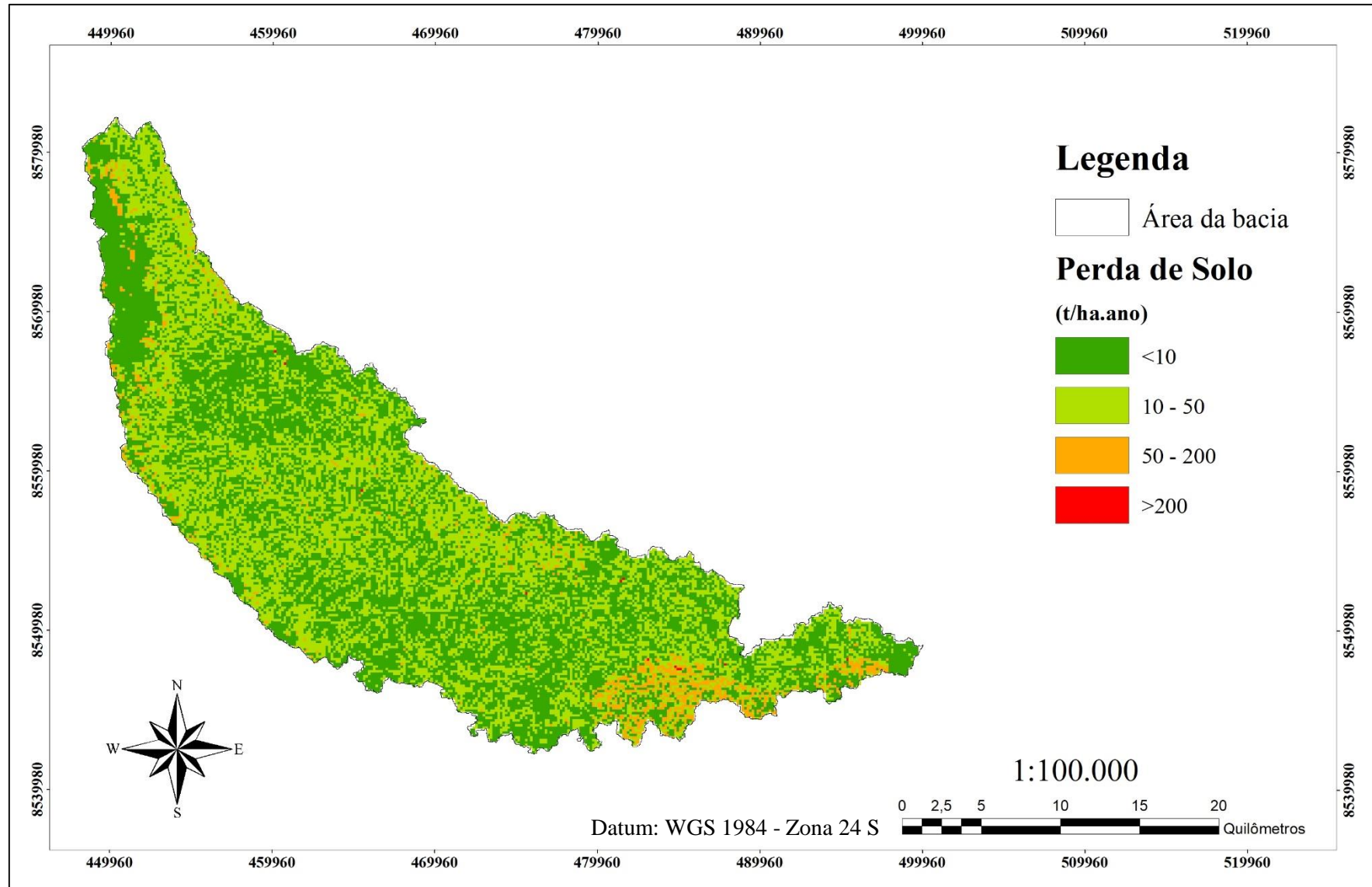
De modo geral, a bacia apresenta uma erosão de nula a pequena, mas, segundo Coutinho (2017), deve-se levar em consideração o uso do solo e adoção de práticas conservacionistas de acordo com a legislação, no qual essas medidas são necessárias para a manutenção e oferta de água e solo em uma bacia.

De acordo com Oliveira (2011) as perdas de solos causam danos ao meio ambiente, devido à remoção dos solos os rios são assoreados causando alterações no seu comportamento hidrológico e degradando seu recurso e ecossistema. Segundo Stein et al. (1987), mesmo que uma bacia apresente baixa susceptibilidade a erosão pode haver um processo erosivo devido cobertura inadequada no terreno, como pastos, culturas anuais e perenes presentes na localidade. Portanto, faz se necessário a adoção de práticas conservacionista na bacia levando em consideração a capacidade de uso do solo em prol da manutenção e preservação dos recursos hídricos.

**Tabela 13** – Classes de perdas de solos em toneladas proporcionais a área da bacia em estudo.

<b>Classes (t.h<sup>-1</sup>. ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>	<b>Nível</b>
<b>&lt;10</b>	34.151,16	51,14	Nula a pequena
<b>10 – 50</b>	29.900,73	44,78	Moderada
<b>50 – 200</b>	2.699,40	4,04	Forte
<b>&gt;200</b>	28,59	0,04	Muito forte





**Figura 14** – Mapa do Potencial Natural a Erosão da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona.

## 6 CONCLUSÃO

Conforme os resultados da determinação e estimativa das perdas de solos na bacia hidrográfica do Rio da Dona, pode-se concluir que:

- ❖ A bacia hidrográfica do Rio da Dona apresentou um índice de erosividade de chuva médio, devido as características da região da Mata Atlântica que ocorre uma pluviosidade alta o ano todo.
- ❖ A erodibilidade do solo de predominância Latossolo Amarelo Distrófico, apresenta características de médio grau de susceptibilidade à erosão.
- ❖ Os fatores topográficos inferiram que bacia apresenta uma baixa vulnerabilidade à erosão devido ao relevo pouco acidentado presente na área de estudo.
- ❖ Os fatores C e P demonstraram que a bacia possui uma alta susceptibilidade a erosão por conta da cobertura do uso da terra predominante (agricultura e pastagem).
- ❖ De acordo com a classificação de Fernandez (1999) 66.238,94 ha (99,19%) da área da bacia, compreendeu um PNE de muito baixo a baixo, conferindo uma baixa susceptibilidade à erosão.
- ❖ As perdas de solo estimadas apresentaram uma média de 21,19 t.ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, em que a cobertura vegetal é um fator importante para a bacia em estudo. Além disso, 51,14% da área da bacia apresentou nula a pequena susceptibilidade a erosão.

## 7 REFERÊNCIAS

AGEITEC. **Latossolos amarelos**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 21 maio 2018.

ALBUQUERQUE, A. W. et al. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.136-141, abr. 2002.

AMORIM, R. S. S. **Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras**. 2004, 123 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em 09 abril 2018.

ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na Bacia Hidrográfica do Arroio Boa Vista - Guamiranga-PR**. 2011. 354 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BELLINASSO, T. B. **Monitoramento Hidrossedimentométrico e avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica urbana e encosta**. 2002. 341 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

BERNAL, J. M. S. **Contribuição do aporte fluvial de sedimentos para a construção das principais planícies quaternárias do estado da Bahia**. 2016. 104 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

BERTONI J.; LOMBARDI NETO F. 1999. **Conservação do Solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BESKOW, S. et al. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, [s.i.], v. 79, n. 1, p.49-59, out. 2009.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 199. Cap. 8. p. 269-300.

BOVI, R. C. **Avaliação espacial e temporal de processos erosivos e dendrogeomorfologia em um fragmento de Mata Atlântica em Piracicaba-SP**. 2013. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos de geoprocessamento. In: ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (ed.) **Sistema de Informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2 ed., Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 2003. p. 3-11.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro, CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 1994.

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data - Principles and Practices**. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009.

COUTINHO, L. M. Estimativa de perdas de solo da bacia do Córrego Itabira, Cachoeiro de Itapemirim-ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 18., 2017, Santos. **Anais...** Santos, 2017. v. 18, p. 5841-5848.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p.427-433, 1996.

DREW, D. **Processos Interativos Homem - Meio Ambiente**. - 3. ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. de. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v. 21, n. 4, p.677-685, dez. 2016. FAP UNIFESP (SciELO).

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2011. **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Humberto Gonçalves dos Santos et al. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Disponível em: <<http://forest-gis.com/download-de-shapefiles/>>. Acesso em: 09 abril 2018.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ArcGIS 10.4 Desktop help. Disponível em: <<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-enterprise/3d-gis/arcgis-10-4-is-here/>>. Acesso em: 01 março 2018.

FARINASSO, M. et al. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s.I.], v. 7, n. 2, p.73-85, jun. 2006.

FERNÁNDEZ, G.A.V. **Análise da erosão do solo usando a EUPS através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado, INPE, São José dos Campos, 125p. 1996.

FIORIO, P. R. et al. Estimativas de perda de solo em ambiente SIG utilizando diferentes fontes de dados topográficos. **Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 1, p.203-216, abr. 2016.

FOSTER, G.R.; MEYER, L.D.; ONSTAD, C.A. **A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates**. Trans. ASAE 20:683-687, 1977.

FOSTER, G.R.; WISCHMEIER, W.H. (1974). **Evaluating irregular slopes for soils loss prediction**. Transactions of the ASAE, 17: 305-309.

GOIS, D. V. **Planejamento Ambiental e o Uso do Geoprocessamento no Ordenamento da Bacia Hidrográfica do Rio da Dona Bahia - Brasil**. 2010. 305 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 04 maio 2018.

LEAL, M. S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: Princípios e Aplicações**. Ed: CPRM, 1998.

LIMA, A. B.; SIMOES, S. J. C. Desenvolvimento de um mapa geomorfológico como subsídio a um programa de plantio de eucalipto (Fazenda Santa Edwirges, Lorena/SP). Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 2005, São Carlos, SP. **Anais...** 2005.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos Índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 13., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. v. 13, p. 1207 - 1214.

LOPES, F. B. et al. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Agroambiente**, Boa Vista, Rr, v. 5, n. 2, p.88-96, ago. 2011.

MACHADO, R. L. et al. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, [s.l.], v. 32, n. 5, p.2113-2123, out. 2008.

MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p.1335-1340, 2002.

McCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K; MEYER, L. D. **Revised slope length factor for the universal soil loss equation**. Trans. ASAE, 32(5):1571-1576, 1989.

McCOOL, D. K.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A. **Slope length and steepness factor**. In: **Predicting soil erosion by water - A guide to conservation planning with Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington, US Gov. Print Officie, 1997. (Agric. Handbook, 703).

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion & conservation**. 2 ed. Oxford: Blackwell, 2005.

OLIVEIRA, B. M. et al. Mapeamento e análise multitemporal da perda de solo por erosão na bacia de contribuição da represa do Rio Salinas, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17., 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015. p. 6728 - 6734.

OLIVEIRA, J. A. **Análise da Perda de Solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos (SP)**. 2011. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

OLIVEIRA, F. G.; SERAPHIM, O. J.; BORJA, M. E. L. Estimativa de perdas de solo e do potencial natural de erosão da bacia de contribuição da microcentral hidrelétrica do Lageado, Botucatu - SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p.302-309, set. 2015.

PARANHAS FILHO, A. C. et al. Avaliação Multitemporal das Perdas de Solos na Bacia do Rio Taquarizinho – MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, Paraná, n. 52, p.49-59, 2003.

PRUSKI, F.F. Processo físico de ocorrência da erosão hídrica. In: PRUSKI, F.F., ed. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2009b. p.24-39.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.

ROSA, W. T.; SANTOS, V. S.; MOTA, A. A. Análises de mudanças na paisagem nas margens do lago da barragem do rio da Dona a partir do uso de técnicas do sensoriamento remoto. **Revista Cientec**, Pernambuco, v. 9, n. 1, p.71-82, 20 set. 2017. Disponível em: <<http://revistas.ifpe.edu.br/revistas/index.php/cientec/article/view/27>>. Acesso em: 17 maio 2018.

RUHOFF, A. L. et al. Avaliação dos processos erosivos através da Equação Universal de Perdas de Solos, implementada com algoritmos em legal. **Geomática**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p.12-22, jan. 2006.

RUTHES, J. M. et al. Uso de Sistema de Informação Geográfica na Determinação do Fator Topográfico da Bacia do Rio Catorze, Sudoeste do PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s.l.], v. 5, n. 5, p.1099-1109, out. 2012.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs) 1999. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

SALOMÃO, F.X.T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. 1994. 200 f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 1994.

SANTOS, L. F. M. **SIG e álgebra de mapas na elaboração de um mapa de potencial de erosão em áreas de silvicultura**. 2011. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, S. N. **SPRING 5.1. 2: passo a passo: aplicações práticas**. Alegre, ES: CAUFES, p. 153, 2010.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2007.

SILVA, R. M. et al. Avaliação espacial e temporal de perdas de solo usando o Sistema de Informações Geográficas (SIG). **Okara: Geografia em debate**, João Pessoa, v. 26, n. 2, p.24-37, 2007.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. Vulnerabilidade dos Solos à Erosão: Estimativa da Perda de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio Guapi-Macacu - RJ. **Embrapa Solos: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, p.1-30, dez. 2013.

TONELLO, K. C. **Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões**. 2005. 85 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.



TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicada**. 2: Ed Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1947.

U.S.G.S. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/.html>>. Acesso em: 01 abril 2018.

VALLE JUNIOR, R. F. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na Bacia do Rio Uberaba**. 2008. 233 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975.

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

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning**. Inst. Ass. Sci. Hidrology Common Land Erosion. 1962, P. 148159.